

Wiring Unlimited

Margreet Leeftink

Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
1.1. Veiligheidswaarschuwingen	1
1.2. Aansprakelijkheid	1
1.3. Verklarende woordenlijst van termen	1
2. Theorie	2
2.1. Wet van Ohm	2
2.2. Vermogen	3
2.3. Geleidbaarheid en weerstand	4
2.4. Elektrische isolatie	6
2.5. Verbindingsweerstand	6
2.6. Aanhaalmoment	7
2.7. Stroom, kabelweerstand en spanningsverlies	8
2.8. De negatieve effecten spanningsverlies over de kabel	11
2.9. Rimpelspanning	13
3. Bedrading accubank	16
3.1. De accubank	16
3.2. Grote accubanken	17
3.3. Parallele bedrading accubank	18
3.4. Balanceren loodzuur-accubank	19
3.5. Accubank middelpunt	20
4. DC-bedrading	22
4.1. Kabelselectie	22
4.2. Verdeelrails	25
4.3. Kabelaan sluitingen	27
4.4. Krimp kabelschoenen en vlakstekers	30
4.5. Kabels	31
4.6. Zekeringen en stroomonderbrekers	32
4.7. DC-scheidingsschakelaar	36
4.8. DC-shunt	37
4.9. Parallel en/of 3-fasen systeem DC-bedrading	38
4.10. Grote systemen verdeelrails	39
4.11. Spanningssensor en compensatie	40
4.12. PV panelen	42
5. Communicatiebedrading	46
5.1. Datasignalen	46
5.2. Storing	46
5.3. Soorten communicatiekabel	47
5.4. Interfaces	49
6. AC-bedrading	51
6.1. Vermogensopwekking	51
6.2. Distributie netwerken	51
6.3. Systeemstroom, VA en Watt	52
6.4. AC-bekabeling	54
6.5. AC-zekeringen en stroomonderbrekers	55
6.6. AC overbruggingsschakelaar	56
6.7. Speciale overwegingen AC-bedrading bij parallel geschakelde omvormer/acculader-systemen	57
6.8. Faserotatie 3-fasen omvormer/acculader-systemen	58
7. Aarding, aarde en elektrische veiligheid	59
7.1. Elektrische veiligheid	59
7.2. Aardebedrading	60
7.3. Aardlekschakelaar of aardlekautomaat	60
7.4. Nul naar aardeverbinding in omvormers en in omvormer/acculaders	62
7.5. Mobiele installaties	63
7.6. Isolatie en aarding van Victron-apparatuur	64
7.7. Systeemaarding	65

8. Galvanische corrosie	68
8.1. Galvanische corrosie voorkomen	68
8.2. De galvanische isolator	69
8.3. De scheidingstransformator	69
 9. Credits	 70

1. Inleiding

Welkom bij "Wiring Unlimited", een boek over elektrische bedradingsystemen met accu's, omvormers, laders en omvormer/acculaders.

Met dit boek proberen we de basisbeginselen rond bedrading van elektrische systemen uit te leggen. We leggen uit hoe belangrijk het is om "het goed te doen" en behandelen de problemen die kunnen ontstaan als een systeem slechte bedrading heeft. Het helpt elektrotechnische installateurs of gebruikers ook bij het oplossen van problemen die zijn ontstaan door slechte bedrading, zodat een juiste conclusie kan worden getrokken voor de elektrische systemen waar ze bij betrokken zijn.

Bedradingsproblemen zijn vaak de oorzaak van systeem problemen of kunnen leiden tot ondermaatse prestaties van systemen.

Voor een probleemloze werking van elk elektrisch systeem, vooral als het een omvormer/lader en accu's bevat, wat "sterkstroomapparaten" zijn, is het essentieel dat de bedrading van het systeem juist wordt uitgevoerd.

Dit boek helpt bij "het goed te doen".

1.1. Veiligheidswaarschuwingen

Elektriciteit is gevaarlijk. Het kan letsel aan personen of eigendom veroorzaken.

Het kost een uitzonderlijk kleine hoeveelheid stroom door het menselijk hart om het hart te stoppen. Door de natuurlijke weerstand van de menselijke huid en menselijk weefsel betekent dit dat een hoge spanning vereist is om deze hartstoppende stroom op te wekken, maar er mensen zijn gestorven door spanningen, zo laag als 42 volt.

Zowel DC als AC kan deze fatale afloop veroorzaken. Elektrotechnisch werk moet daarom steeds uitgevoerd worden door een erkende elektricien of technicus en de lokale veiligheidsrichtlijnen en -vereisten moeten nageleefd worden.



BELANGRIJK:

- AC- én DC-spanningen zijn gevaarlijk en schadelijk.
- Gebruik steeds geïsoleerd gereedschap bij het werken met elektriciteit en accu's.
- Sluit accu's niet kort. Dit kan brand of explosie veroorzaken.
- Laden van accu's kan explosieve gassen veroorzaken.
- Te dunne bedrading of een slecht elektrisch contact kan brand veroorzaken.
- Raadpleeg altijd de veiligheidswaarschuwing in de betreffende producthandleidingen.

1.2. Aansprakelijkheid

Het enige doel van dit document is om te helpen de grondbeginselen achter zekere elektrische concepten te begrijpen. Dit document is alleen bedoeld als handleiding.

Voorschriften rond elektrische bedrading kunnen verschillen, afhankelijk van waar u zich in de wereld bevindt. De lokale elektrische voorschriften kunnen verschillen van het in dit document gegeven bedradingsadvies.

U bent er verantwoordelijk voor steeds professioneel advies en instructies in te winnen bij lokale overheden en/of erkende elektriciens voordat u enig elektrotechnisch werk uitvoert.

1.3. Verklarende woordenlijst van termen

Dit boek gebruikt het metrieke stelsel en alle eenheden en alle notaties komen overeen met het Internationale Stelsel van Eenheden (SI). Raadpleeg voor meer informatie over het Internationale Stelsel van Eenheden deze link: <https://nl.wikipedia.org/wiki/SI-stelsel>

2. Theorie

U haalt het meeste uit dit boek als u al wat kennis hebt vergaard over basis elektrische theorie. Dit helpt u de onderliggende factoren te begrijpen die bedradingsdikte en zekeringwaarden bepalen. U beschikt misschien al over deze basiskennis en kunt wellicht dit hoofdstuk overslaan maar we bevelen u toch ten eerste aan dit hoofdstuk te lezen.

2.1. Wet van Ohm

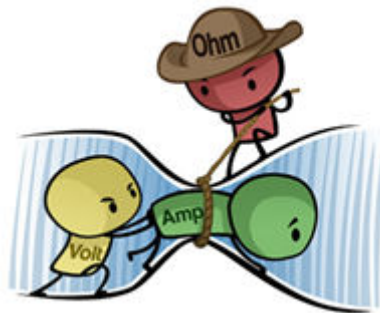
De wet van Ohm is de belangrijkste wet van een elektrisch circuit. Het vormt de basis van bijna alle elektrische berekeningen. Het maakt mogelijk de stroom te berekenen die door een kabel (of een zekering) loopt bij verschillende spanningen. Weten hoeveel stroom er door een kabel loopt is essentiële kennis om de juiste kabel voor uw systeem te kiezen. Maar eerst is wat basiskennis over elektriciteit nodig.

Wat is elektriciteit:

Elektriciteit is de beweging van elektronen in een materiaal, een geleider genoemd. Deze beweging maakt een elektrische stroom. Deze stroom wordt gemeten in "Ampère" en het symbool is de letter A.

De kracht die vereist is om de elektronen te laten stromen wordt spanning (of potentiaal) genoemd. Het potentiaal wordt gemeten in "Volt" en het symbool is de letter U (buiten Europa ook naar verwezen als V).

Als er een elektrische stroom door een materiaal loopt, ervaart het een zekere weerstand. Deze weerstand wordt gemeten in Ohm. Het symbool is Ω .



Hoe spanning, stroom en weerstand met elkaar in verband staan:

- Als de weerstand laag is, bewegen er veel elektronen, en dan is de stroom hoog.
- Als de weerstand hoger is, bewegen er minder elektronen, en dan is de stroom lager.
- Als de weerstand zeer hoog is, bewegen er geen elektronen en dan de stroom gestopt.

De wet van Ohm:

Men kan zeggen dat de weerstand van een geleider bepaalt hoeveel stroom er door een materiaal loopt bij een bepaalde spanning. Dit kan weergegeven worden in een formule. De formule wordt de wet van Ohm genoemd:

$$\text{Stroom (A)} = \text{Spanning (V)} / \text{Weerstand (\Omega)}$$

$$I = U / R$$

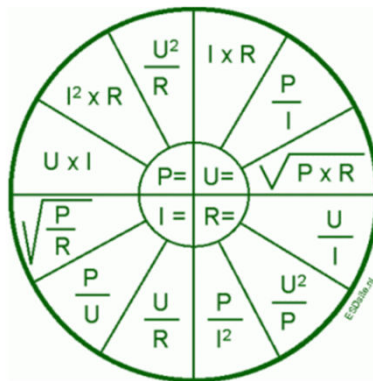
2.2. Vermogen

De wet van Ohm beschrijft de relatie tussen weerstand, stroom en spanning. Maar er is nog één elektrische eenheid die afgeleid kan worden uit de wet van Ohm en dat is vermogen.

Vermogen drukt uit hoeveel werk elektrische stroom kan uitvoeren. Het wordt gemeten in Watt en het symbool is P. Vermogen kan berekend worden met de volgende formule:

$$P = I \times U$$

Uit de wet van Ohm kunnen ook andere formules afgeleid worden. Alle mogelijke formules worden vermeld in de onderstaande afbeelding. Houd er rekening mee dat er twee symbolen in de wereld gebruikt worden die spanning weergeven. Dit zijn U of V.



Enkele van deze formules zijn erg nuttig bij het berekenen van stroom in een kabel. Een vaak gebruikte formule is de volgende:

$$I = P / U$$

Deze formule kan berekenen hoeveel stroom door een kabel loopt als de spanning en het vermogen bekend zijn.

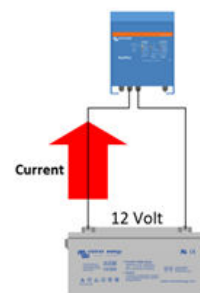
Een voorbeeld van hoe deze formule gebruikt kan worden:

Vraag:

- Als we een 12 V-accu hebben die verbonden is aan een 2400 W belasting. Hoeveel stroom loopt er door de kabel?

Antwoord:

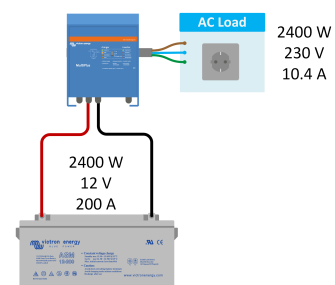
- U = 12 V
- P = 2400 W
- $I = P/U = 2400/12 = 200 \text{ A}$



De voordelen van het gebruik van vermogen in plaats van stroom in berekeningen:

Een groot voordeel van het gebruik van vermogen in berekeningen of voor metingen is dat vermogen onafhankelijk is van spanning. Dit is nuttig in systemen waar meerdere spanningen bestaan. Een voorbeeld hiervan zou een systeem met een DC-accu, AC-vermogen en misschien een PV-paneel met een andere DC-spanning dan de accu.

Vermogen blijft hetzelfde over de verschillende spanningen. Bijvoorbeeld als u een AC-belasting van 2400 W heeft via een omvormer van een 12 V-accu, neemt de belasting ook 2400 W van de accu (de inefficiënties van de omvormer negerend).

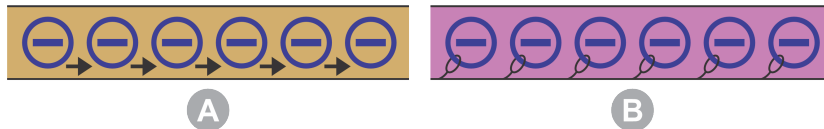


2.3. Geleidbaarheid en weerstand

Bepaalde materialen geleiden elektriciteit beter dan andere materialen. Materialen met een lage weerstand geleiden elektriciteit goed en materialen met een hoge weerstand geleiden elektriciteit slecht of helemaal niet.

Metalen hebben een lage weerstand en ze geleiden elektriciteit goed. Deze materialen worden geleiders genoemd. Dit is de reden waarom ze in elektrische kabels als kern gebruikt worden.

Plastic of keramiek hebben een zeer hoge weerstand, ze geleiden elektriciteit helemaal niet. Ze worden isolatoren genoemd. Dit is waarom niet-geleidende materialen, zoals plastic of rubber, gebruikt worden aan de buitenkant van kabels. U krijgt geen elektrische schok als u de kabel aanraakt omdat elektriciteit niet door dit materiaal kan voortbewegen. Isolatoren worden ook gebruikt om kortsluiting te voorkomen mochten twee kabels elkaar raken.



A: In een geleider kunnen de elektronen bewegen.

B: In een isolator kunnen de elektronen niet bewegen of maar heel traag bewegen.

Elk materiaal heeft een eigen specifieke weerstand. Die weerstand wordt gemeten in $\Omega \cdot m$ en het symbool is ρ (rho). De onderstaande tabel vermeldt verschillende geleidende materialen, hun elektrische geleidbaarheid en hun specifieke weerstand. Zoals u in deze tabel kunt zien, geleidt koper elektriciteit goed en heeft het een lage weerstand. Dit is de reden waarom elektrische kabel van koper gemaakt is. Maar titanium geleidt elektriciteit bijvoorbeeld niet goed en heeft daarom een hogere specifieke weerstand. Titanium is niet erg geschikt als elektrische geleider.

Materiaal	Elektrische geleidbaarheid (10,E6 Siemens/m)	Elektrische soortelijke weerstand (10,E-8 Ohm.m)
Zilver	62.1	1.6
Koper	58.5	1.7
Goud	44.2	2.3
Aluminium	36.9	2.7
Molybdeen	18.7	5.3
Zink	16.6	6.0
Lithium	10.8	9.3
Messing	15.9	6.3
Nikkel	14.3	7.0
Ijzer	10.1	9.9
Palladium	9.5	10.5
Platina	9.3	10.8
Wolfraam	8.9	11.2
Tin	8.7	11.5
Brons	7.4	13.5
Koolstofstaal	5.9	16.9
Lood	4.7	21.3
Titanium	2.4	41.7

Er zijn nog tweefactoren die kabelweerstand bepalen. Dit zijn de lengte en de dikte van de geleider (kabel):

Deze factoren houden op de volgende manier met elkaar verband:

- Een dunne kabel heeft een hogere weerstand dan een dikke kabel van dezelfde lengte.
- Een lange kabel heeft een hogere weerstand dan een korte kabel van dezelfde dikte.

De weerstand van een lengte kabel kan berekend worden met de volgende formule:

$$\text{Weerstand} = \rho \times \text{lengte} / \text{Oppervlakte}$$

$$R = \rho \times l / A$$

Zoals in de bovenstaande formule zijn er 3 factoren die kabelweerstand bepalen. Namelijk:

- De elektrische weerstand van het gebruikte materiaal.
- De lengte van de kabel, een langere kabel staat gelijk aan meer weerstand.
- De diameter van de kabel, een dunnere kabel staat gelijk aan meer weerstand.

Het is belangrijk de weerstand van een kabel te kennen omdat, als een stroom door een kabel loopt, de kabelweerstand verantwoordelijk is voor deze twee effecten:

- Er is een spanningsdaling (verlies) over de kabellengte.
- De kabel warmt op.

Als de stroom hoger wordt, verergeren deze effecten. Een hogere stroom verhoogt het spanningsverlies en de kabel wordt nóg warmer.

Een voorbeeld van hoe de weerstand van een kabel te berekenen:

Vraag:

- Wat is de weerstand van een kabel van 1,5-meter, 16 mm²?

Gegeven:

- ρ koper = $1,7 \times 10^{-8} \Omega/\text{m}$
- $l = 1,5 \text{ m}$
- $A = 16 \text{ mm}^2 = 16 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

Antwoord:

- $R = \rho \times l / A$
- $R = 1,7 \times 10^{-8} \times 1,5 / (16 \times 10^{-6})$
- $R = 1,7 \times 10^{-2} \times 1,5 / 16$
- $R = 0,16 \times 10^{-2} = 1,6 \times 10^{-3}$
- $R = 1,6 \text{ m}\Omega$

Het effect van kabellengte:

Laat ons het voorgaande voorbeeld gebruiken en nu de berekening maken voor een kabel van 5 meter. Het resultaat is dat de weerstand 5,3 mΩ is. Als u de kabel langer maakt, verhoogt de weerstand.

Het effect van kabeldikte:

Laat ons het originele voorbeeld nemen en nu de berekening maken voor een kabel met een doorsnede van 2,5 mm². Het resultaat is dat de weerstand 10,2 mΩ is. Als u de kabel dunner maakt, verhoogt de weerstand.

Conclusie:

Zowel kabeldikte als kabellengte hebben een grote invloed op de kabelweerstand.

2.4. Elektrische isolatie

Elektrische isolatoren worden gebruikt om de loop van elektrische stroom van één deel van een stroomkring naar een ander te voorkomen en om personen en apparatuur te beschermen tegen elektrische schokken.

Zoals we gezien hebben in de tabel in het vorige hoofdstuk, als een materiaal elektriciteit niet goed geleidt, dan wordt het een isolator genoemd.

Voorbeelden van elektrische isolatoren omvatten rubber, plastic, glas, keramiek en lucht. Deze materialen worden gebruikt in verschillende elektrische toepassingen, zoals isolatie voor draden, isolatoren voor elektrische apparatuur en bekleding voor elektrische componenten.

Elektrische isolatoren spelen een cruciale rol in het zorgen voor de veilige en efficiënte werking van elektrische systemen en in het voorkomen van elektrische gevaren.

Als vuistregel geldt hoe hoger de spanning, hoe dikker of beter de isolatie moet zijn. Dit is waarom bijvoorbeeld speciale kabels vereist zijn naar en van een PV-reeks van hoge spanning.

Geïsoleerde kabels en elektrisch gereedschap zijn bestemd voor een specifieke maximale spanning. Zorg ervoor dat deze spanning overeenkomt met uw toepassing.

2.5. Verbindingsweerstand

Weerstand in een elektrische installatie wordt niet alleen bepaald door de weerstand van de kabel, maar de weerstand van de elektrische verbindingen ook bijdraagt aan de totale weerstand.

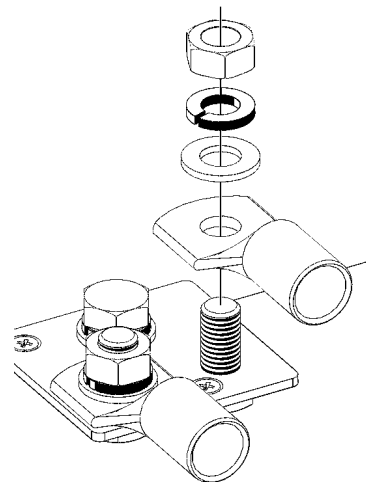
Hoe ontstaat verbindingweerstand:

Als er verbinding gemaakt wordt tussen een kabel en een apparaat of tussen een kabel en een kabelaansluiting, verhoogt de weerstand van het circuit. De hoeveelheid van weerstand wordt beïnvloed door de kwaliteit van de verbinding en het oppervlak van de verbindingzone.

- Een strakke verbinding heeft minder weerstand dan een losse verbinding.
- Een grote verbindingzone heeft minder weerstand dan een kleine verbindingzone.

Hoe verbindingweerstand beperken:

- Maak strakke en veilige verbindingen. Zorg ervoor dat verbindingstukken juist vastgemaakt zijn terwijl de maximale aanhaalmomenten niet overschreden zijn. Raadpleeg voor meer informatie hoofdstuk [Aanhaalmoment \[7\]](#).
- Voeg, bij een moer- of boutverbinding, steeds een sluitring en veerring toe in de juiste volgorde, zoals aangegeven in de afbeelding rechts.
- Krimp de kabelaan sluitingen juist aan een kabel. Gebruik een geschikt krimpgereedschap en gebruik een kabelaan sluiting van juiste grootte. Raadpleeg voor meer informatie het [Krimp kabelschoenen en vlakstekers \[30\]](#) hoofdstuk:



Wees ervan bewust dat weerstand ook hitte maakt:

Een slechte verbinding met hoge weerstand genereert overmatige hitte. De relatie tussen vermogen, stroom en weerstand wordt beschreven door de formule $P = I^2 R$. In extra-lage DC-spanning kan zelfs een kleine hoeveelheid weerstand resulteren in een gevaarlijk niveau van hitte dat kan veroorzaken dat apparatuur en kabels beschadigd raken of dat zelfs in ernstige gevallen brand kan veroorzaken.

2.6. Aanhaalmoment

Zoals beschreven in het vorige hoofdstuk is het belangrijk om elektrische verbindingen strak aan te trekken daar losse verbindingen leiden tot weerstand, hitte en mogelijk corrosie door vonken. Maar let er ook op dat u deze verbindingen niet te strak aandraait, want dan kan de aansluiting van het verbindingstuk beschadigd raken.

Elektrische verbindingssluitingen, schroeven of bouten worden vaak gemaakt van vertind messing. Het is een algemene verkeerde opvatting om ervan uit te gaan dat deze sluitingen gemaakt zijn van roestvrij staal met te strak aandraaien en schade aan de sluiting als resultaat.

Gebruik steeds een momentsleutel (of momentschroevendraaier) zodat u weet dat de bout of schroef juist vastgedraaid is.

Let op dat onze producten metrische aansluitbouten hebben, veelgebruikte schroefdraden zijn M4, M5, M6, M8 en M10, en de aanbevolen aanhaalmomenten in onze documentatie worden vermeld in Nm (Newton.meter).



Geïsoleerde momentschroevendraaier.



Geïsoleerde momentsleutel.

Hoe een momentsleutel juist te gebruiken

Volg deze stappen om een momentsleutel te gebruiken:

1. Kies het juiste aanhaalmoment, zoals volgens de handleiding. De momentsleutel moet een schaal of wijzer hebben die aangepast kan worden naar het gewenste aanhaalmoment.
2. Plaats de momentsleutel op de sluiting (bout, moer of schroef).
3. Gebruik de momentsleutel om kracht uit te oefenen op de sluiting, het draaiend tot u het gewenste aanhaalmoment bereikt.
4. De momentsleutel klikt kenmerkend of geeft een bepaalde aanduiding als het gewenste aanhaalmoment bereikt is. Voer extra controle uit op de aanhaalwaarde met een toestel ter controle vanaanhaalmoment, indien beschikbaar.



Let op dat het belangrijk is de instructies en richtlijnen van de fabrikant te volgen bij het gebruik van een momentsleutel om te zorgen voor nauwkeurigheid en om schade aan het gereedschap of de apparatuur waaraan gewerkt wordt te voorkomen.

Het maximale aanhaalmoment voor messing bouten kan variëren, gebaseerd op factoren zoals type messing, omvang en lengte van de bout en het bedoelde gebruik. Over het algemeen is het maximale aanhaalmoment voor messing bouten lager dan voor stalen bouten van dezelfde grootte.

Normaal gezien vermeldt de producthandleiding het juiste maximale aanhaalmoment voor de elektrische verbindingen. Maar als deze informatie ontbreekt, gebruik dan de onderstaande tabel voor messing bouten, moeren of schroeven.

Maximale aanhaalmomenten voor messing bevestigingsmiddelen

Draad	Maximaal aanhaalmoment in Nm	Equivalent in lbf.ft	Equivalent in lbf.in
M3	0.5	0.4	4.4
M4	1.0	0.7	8.9
M5	2.0	1.5	17.7
M6	3.0	2.2	26.6
M8	5.0	3.7	44.3
M10	9.0	6.6	79.7



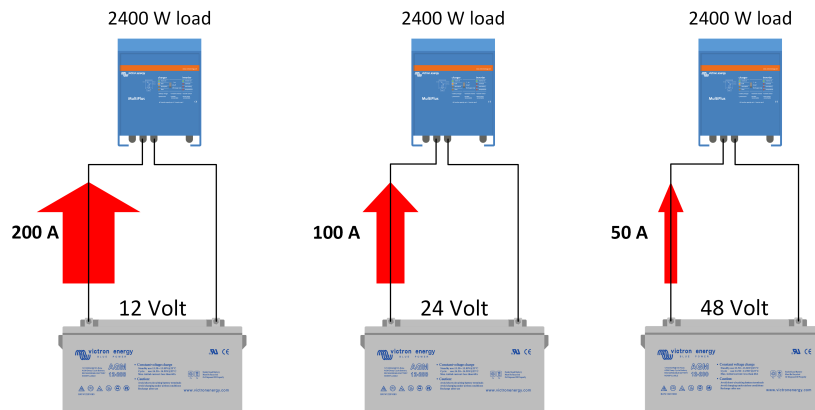
Houd er rekening mee dat dit ruwe schattingen zijn en kunnen variëren, gebaseerd op de specifieke toepassing, dus is het belangrijk de producthandleiding of technische richtlijnen te raadplegen om het juiste aanhaalmoment te bepalen. Een bout te hard aandraaien kan leiden tot schade of defect van de bout of de componenten die bevestigd worden.

2.7. Stroom, kabelweerstand en spanningsverlies

Een lage spanning resulteert in een hoge stroom:

Zoals reeds uitgelegd is de stroom die door een stroomkring loopt voor een vaste belasting verschillend voor tal van circuitspanningen. Hoe hoger de spanning hoe lager de stroom.

Onderaan vindt u een overzicht van de hoeveelheid stroom die in drie verschillende circuits loopt waar de belasting hetzelfde is, maar de accuspanning in elke circuit verschillend is:



Kabelweerstand geeft een spanningsverlies over de kabel:

Ook heeft een kabel, zoals reeds uitgelegd, een zekere hoeveelheid weerstand. De kabel maakt onderdeel uit van de stroomkring en kan behandeld worden als een weerstand.

Als er stroom door een weerstand loopt, warmt de weerstand op. Hetzelfde gebeurt in een kabel; als er stroom door een kabel loopt, warmt de kabel op en vermogen gaat verloren in de vorm van warmte. Deze verliezen worden kabelverliezen genoemd. Het verloren vermogen kan met de volgende formule berekend worden:

$$\text{Vermogen} = \text{Weerstand} \times \text{Stroom}^2$$

$$P = R \times I^2$$

Een ander effect van kabelverlies is dat een spanningsverlies ontstaat over de lengte van de kabel. Het spanningsverlies kan met de volgende formule berekend worden:

$$\text{Spanning} = \text{Weerstand} \times \text{Stroom}$$

$$U = R \times I$$

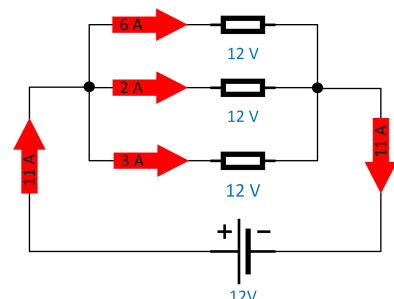
De 1ste en 2de wet van Kirchhoff:

Om het effect van een spanningsverlies over de kabel te kunnen berekenen, moet u twee extra elektrische wetten te kennen, namelijk de eerste en tweede wet van Kirchhoff:

De stroomwet van Kirchhoff (1ste wet):

De stroom die in een vertakking vloeit, moet gelijk zijn aan de stroom die er uitloopt.

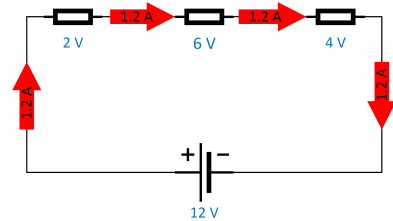
Een voorbeeld hiervan is een parallel geschakeld circuit. De spanning over elke weerstand is hetzelfde terwijl de som van stroom die door elke weerstand loopt gelijk is aan de totale stroom.



De spanningswet van Kirchhoff (2de wet):

De som van alle spanningen rond elke gesloten lus in een circuit moet gelijk zijn aan nul.

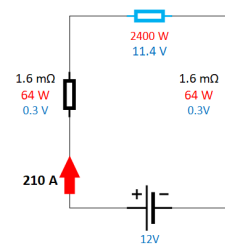
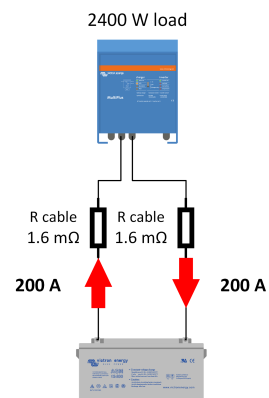
Hier is het exact tegenovergestelde het geval. In een serie circuit is de stroom, die door elke weerstand loopt, hetzelfde terwijl de som van de spanningen over elke weerstand gelijk is aan de totale spanning.

**Voorbeeld berekening spanningsverlies:**

Laat ons nu een echt voorbeeld gebruiken van een omvormer die aangesloten is op een 12 V-accu en de kabelverliezen berekenen. In het schema aan de rechterkant vindt u een 2400 W omvormer, aangesloten op een 12 V-accu via twee 1,5-meter-lange, 16 mm² kabels.

Zoals we eerder al berekend hebben, heeft elke kabel een weerstand van 1,6 mΩ. Met dit in gedachten kunnen we nu het spanningsverlies over één kabel berekenen:

- Een 2400 W belasting bij 12 V geeft een stroom van 200 A.
- Het spanningsverlies over één kabel bedraagt: $U = I \times R = 200 \times 0,0016 = 0,32 \text{ V}$.
- Aangezien er twee kabels zijn, de positieve en de negatieve kabel, bedraagt het totale spanningsverlies in dit systeem 0,64 V.
- Door het spanningsverlies van 0,64 V krijgt de omvormer geen 12 V meer, maar $12 - 0,64 = 11,36 \text{ V}$.



Het vermogen van de omvormer is constant in dit circuit. Dus als de spanning in de omvormer daalt, dan stijgt de stroom. Denk aan $I = P/U$.

De accu levert nu meer stroom om te compenseren voor het verlies. Dit betekent, in het eerdere voorbeeld, dat de stroom stijgt tot 210 A.

Dit maakt het systeem inefficiënt omdat we nu 5% ($0,64/12$) van de totale energie verloren hebben. Deze verloren energie wordt omgezet in warmte.

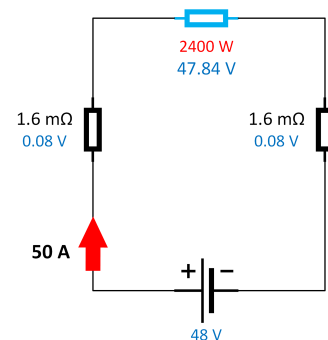
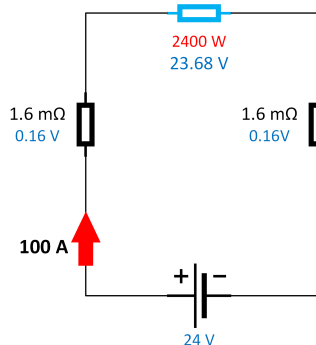
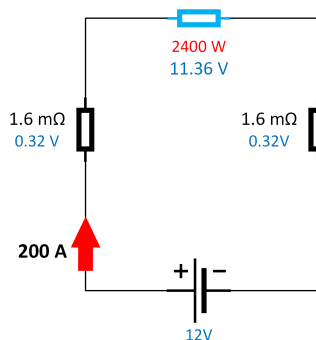
Hoe spanningsverlies verminderen:

Het is belangrijk om het spanningsverlies zo laag mogelijk te houden. De voor de hand liggende manier om dit te doen is om de dikte van de kabel te verhogen of om de kabellengte zo kort mogelijk te houden. Maar er is nog iets dat u kunt doen. Dit is de spanning van de stroomkring te verhogen. Het spanningsverlies van de kabel varieert voor verschillende accu(systeem)spanningen. Over het algemeen geldt hoe hoger de spanning van het circuit, hoe lager het spanningsverlies.

Voorbeeld:

Als we kijken naar dezelfde 2400 W belasting, maar nu bedraagt de systeemspanning 24 of 48 V:

- De 2400 W belasting bij 24 V geeft een stroom van $2400/24 = 100 \text{ A}$.
- Het totale spanningsverlies is $2 \times 100 \times 0,0016 = 0,32 \text{ V}$ (= 1,3 %).
- En bij 48 V is de stroom 50 A. Het spanningsverlies bedraagt 0,16 V (= 0,3 %).



Hoeveel spanningsverlies is toegestaan?

Dit leidt naar de volgende vraag; hoeveel spanningsverlies is toegestaan? De meningen lopen enigszins uiteen, maar wij adviseren om te streven naar een spanningsverlies van niet meer dan 2,5%. Dit wordt weergegeven in de onderstaande tabel voor de verschillende spanningen:

Systeemspanning	Percentage	Spanningsverlies
12 V	2,5 %	0,3 V
24 V	2,5 %	0,6 V
48 V	2,5 %	1,2 V

Niet alleen de kabelweerstand maar ook andere factoren geven weerstand:

Het is belangrijk om te beseffen dat weerstand niet alleen in de kabel zelf optreedt. Extra weerstand wordt gemaakt door alle zaken op het pad waar de stroom doorheen loopt.

Een lijst met mogelijke zaken die de totale weerstand kunnen verhogen:

- Kabellengte en -dikte.
- Zekeringen.
- Shunts.
- Schakelaars of stroomonderbrekers.
- De kwaliteit en geschiktheid van de kabelaansluitingen en hoe goed ze op een kabel gekrompen zijn .
- De kwaliteit en stevigheid van alle elektrische verbindingen.

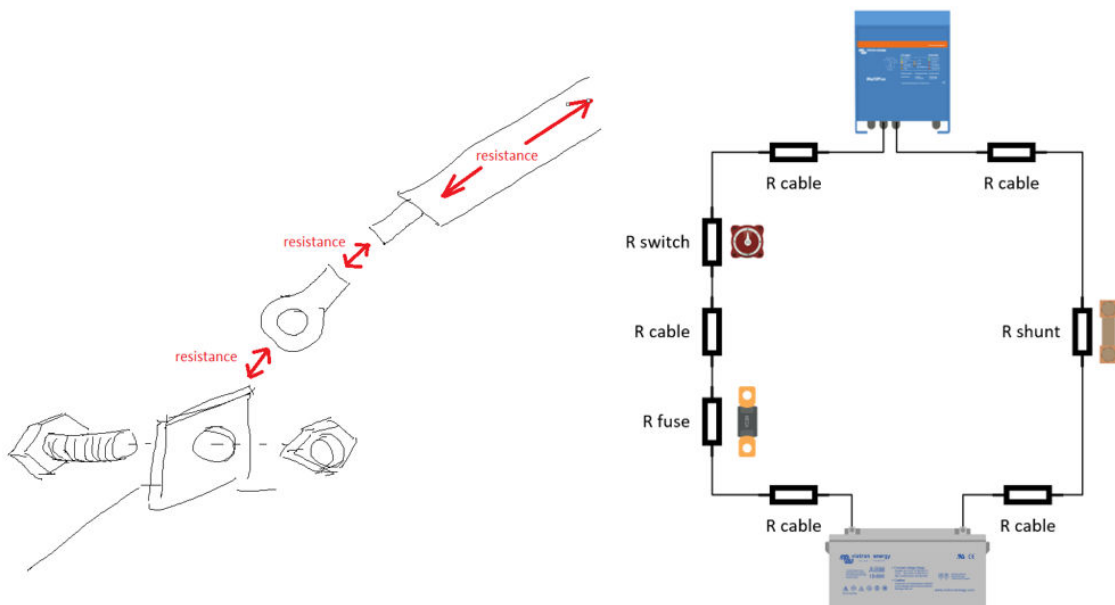
En kijk vooral uit voor:

- Losse aansluitingen.
- Vuile of verroeste contacten.
- Slecht gekrompen kabelschoenen.

Er wordt weerstand toegevoegd aan het elektrische circuit telkens als er een verbinding wordt gemaakt of als er iets in het pad tussen de accu en de omvormer wordt geplaatst.

Een lijst met mogelijke zaken die de totale weerstand kunnen verhogen:

- Elke kabelverbinding: $0.06\text{m}\Omega$.
- Een 500 A shunt: $0.10\text{m}\Omega$.
- Een 150 A zekering: $0.35\text{m}\Omega$.
- Een 2-meter 35 mm^2 kabel: $1.08\text{m}\Omega$.



2.8. De negatieve effecten spanningsverlies over de kabel

We weten nu wat we moeten doen om weerstand in een circuit laag te houden om een spanningsverlies te voorkomen. Maar wat zijn de negatieve effecten als er een hoog spanningsverlies in een systeem is?

Dit zijn de negatieve effecten van een hoog spanningsverlies:

- Energie gaat verloren en het systeem is minder efficiënt. Accu's worden sneller ontladen.
- De systeemstroom stijgt. Dit kan leiden tot DC-zekeringen die doorbranden.
- Hoge systeemstromen kunnen leiden tot vroegtijdige overbelasting van de omvormer.
- Spanningsverlies tijdens het laden veroorzaakt dat accu's onvoldoende geladen worden.
- De omvormer ontvangt een lagere accuspanning. Dit kan potentieel alarmen voor lage spanning starten.
- De accukabels worden warm. Dit kan het smelten van bedradingsisolatie veroorzaken of schade veroorzaken aan de kabelgoten of aan de aangesloten apparatuur. In extreme gevallen kan verhitting van de kabel brand veroorzaken.
- Alle apparatuur die op het systeem aangesloten is, heeft een verminderde levensduur.

U kunt spanningsverlies op de volgende manier voorkomen:

- Houd kabels zo kort mogelijk.
- Gebruik kabels met voldoende kernoppervlak.
- Maak strakke verbindingen, maar niet te strak. Volg de aanbevelingen voor aanhaalmomenten in de handleiding.
- Controleer dat alle contacten schoon en niet verroest zijn.
- Gebruik goede kwaliteit kabelschoenen en krimp deze met het geschikte gereedschap.
- Gebruik goede kwaliteit accu-scheidingsschakelaars.
- Verminder het aantal aansluitingen in een kabeltraject.
- Gebruik DC-verdeelpunten of -verdeelrails.
- Volg bedradingsvoorschriften.

Het is een goede praktijk om het systeemspanningsverlies te meten als u een elektrische installatie met accu's voltooit hebt. Onthoud dat een spanningsdaling meestal optreedt bij een hoge stroom. Het spanningsverlies wordt groter als de stroom verhoogt. Dit is het geval als er een omvormer belast wordt met maximale belasting of als een acculader oplaadt met maximale stroom.

Hoe bijvoorbeeld spanningsverlies te meten in een systeem met een omvormer:

- Belast de omvormer met maximaal vermogen.
- Meet de spanning over de negatieve kabel tussen de omvormeraansluiting en de accupool.
- Herhaal dit voor de positieve kabel.

**Hoe spanningsverlies te meten als de accu ter ver weg is in een andere ruimte of in een behuizing:**

- Belast de omvormer met maximaal vermogen.
- Meet de spanning op de DC-aansluitingen in de omvormer.
- Meet de spanning over de accupolen
- Vergelijk deze metingen. Het verschil tussen de twee metingen is het spanningsverlies.

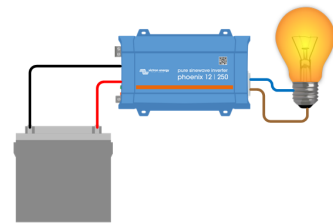


2.9. Rimpelspanning

Eén van de negatieve effecten van een hoog spanningsverlies in een systeem is rimpelspanning.

Rimpelspanning komt voor in systemen met een omvormer:

Rimpelspanning verschijnt in een systeem waar de voeding een accu (DC) is en de belasting een AC-apparaat. Dit is altijd het geval in een systeem met een omvormer. De omvormer verbindt met accu's, maar het voedt een AC-belasting.

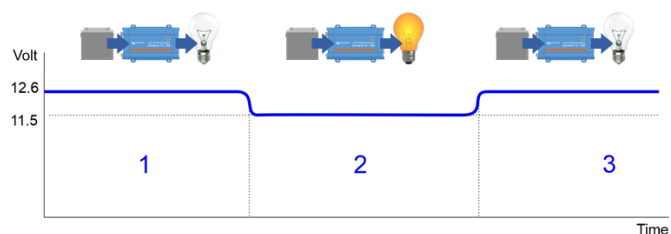


Spanningsverlies is het mechanisme achter rimpelspanning:

Het mechanisme dat rimpelspanning veroorzaakt is rechtstreeks gerelateerd aan het spanningsverlies over de DC-kabels als een systeem onder belasting staat en de accustromen hoog zijn. Een hoge stroom veroorzaakt een hoog spanningsverlies, dit wordt vooral geaccentueerd als er dunne kabels gebruikt zijn.

Het spanningsverlies in een systeem als geheel kan zelfs groter zijn, vooral als er loodzuuraccu's gebruikt worden die te klein, te oud of beschadigd zijn. Het spanningsverlies valt niet alleen voor over de kabels maar ook in de accu zelf. Rimpelspanning is gerelateerd aan het fenomeen dat, als een omvormer een grote belasting voedt, dan de systeem DC-spanning zakt. Maar de systeemspanning herstelt alleen als de belasting uitgeschakeld is. Dit proces wordt uitgebeeld in de onderstaande afbeelding.

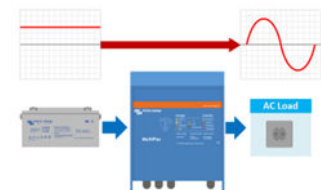
1. De gemeten spanning bij de omvormer is normaal. In dit voorbeeld is het 12,6 V.
2. Als een grote belasting ingeschakeld wordt, dan zakt de accuspanning naar 11,5 V
3. Als een grote belasting uitgeschakeld wordt, dan herstelt de accuspanning naar 12,6 V



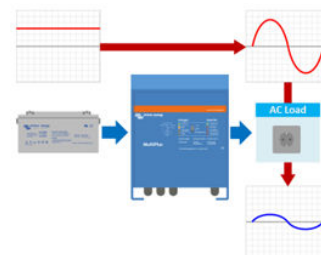
Hoe ontstaat rimpelspanning?

De volgende stappen volgen de volgorde van hoe rimpelspanning ontstaat:

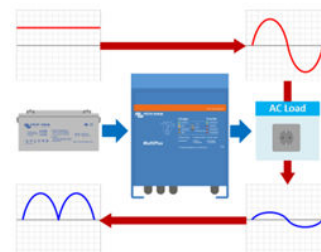
1. De omvormer vormt een DC-spanning om naar een AC-spanning.



2. De belasting, verbonden met de omvormer, veroorzaakt een AC-stroom in de omvormer.



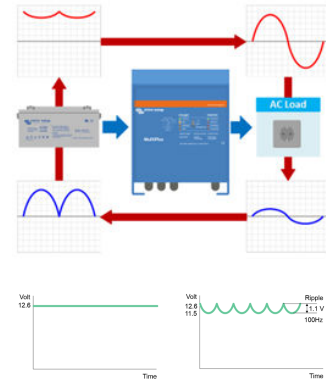
3. Deze AC-stroom veroorzaakt (via de omvormer) een wisselende DC-stroom op de accu.



4. Het resultaat van deze wisselende DC-stroom is het volgende:

- Als de DC-stroom een piek bereikt, dan zakt de accuspanning.
- Als de DC-spanning zakt, dan herstelt de accuspanning
- Als de DC-stroom een piek bereikt, dan zakt de accuspanning opnieuw.
- En zo verder.

De DC-spanning blijft op en neer gaan en is niet constant meer. De DC-spanning wisselt nu. De spanning gaat op en neer, 100 maal per seconde (100 Hz). De hoeveelheid wisselende DC-spanning wordt rimpelspanning genoemd.

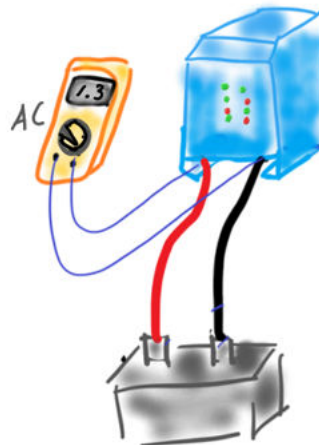
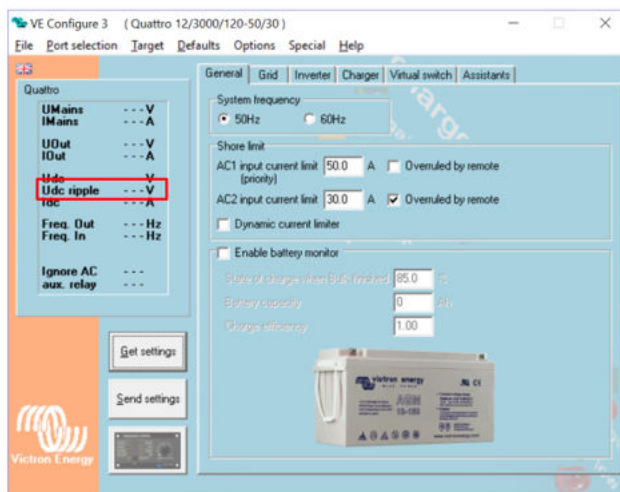


Hoe rimpelspanning meten:

Denk eraan, bij het meten van rimpelspanning, dat dit alleen gebeurt als het systeem onder volle belasting staat. Rimpelspanning kan alleen gedetecteerd worden als de omvormer een volledige belasting voedt of als een lader laadt met een hoge stroom. Hetzelfde geldt bij het meten van het spanningsverlies.

Rimpelspanning kan gemeten worden op de volgende twee manieren:

- Gebruik een multimeter. Selecteer AC-modus op de multimeter. Meet over de DC-aansluitingen van de omvormer. U meet nu de AC-component van de DC-spanning. Deze AC-spanning is de rimpelspanning.
- Gebruik VEConfigure, het volgt rimpelspanning.



De negatieve effecten van rimpelspanning:

Een kleine hoeveelheid rimpelspanning kan bestaan zonder meetbaar effect. Overmatige rimpelspanning kan echter een negatief effect hebben.

Het negatieve effect van overmatige rimpelspanning:

- De levensduur van de omvormer wordt verminderd. De condensatoren in de omvormer proberen de rimpelspanning zoveel mogelijk te vereffenen met als resultaat dat de condensatoren sneller verouderen.
- De levensduur van het andere DC-apparaat in het systeem wordt ook verminderd. Zij lijden ook onder de rimpelspanning op dezelfde manier als omvormers.
- De accu's verouderen vroegtijdig. Elke rimpelspanning werkt als een mini-cyclus voor de accu en de accu-levensduur verlaagt door de verhoging van het aantal accucycli.
- Rimpelspanning tijdens laden verlaagt het laadvermogen. Het kost de accu's meer tijd om te laden.

Rimpelspanningalarmen:

Omvormers of omvormer/acculaders hebben een ingebouwd rimpelspanningsalarm. Er zijn twee niveaus van rimpelspanningsalarm:

- **Rimpelspanning vooralarm:** Zowel de "Overload" als de "Low Battery" LED's knipperen en de eenheid schakelt uit na 20 minuten.
- **Volledig rimpelalarm:** Zowel de "Overload" als de "Low Battery" LED's zijn ingeschakeld en de eenheid schakelt uit.

Dit zijn de niveaus van rimpelalarm voor omvormer/lader modellen op de verschillende DC-spanningen en de MultiPlus Compact ongeacht de spanning:

Systeems spanning	Rimpelspanning vooralarm (20 min.) *	Rimpelspanning volledig alarm (3 sec.) *	Rimpelspanning alarm niveau
12 V	1,50 V	2.50	1.4
24 V	2,25 V	3.75	2.1
48 V	3,00 V	5.00	2.8
Uitsluitend MultiPlus Compact (ongeacht DC-spanning)	1,50 V	2,5 V	0,8 V

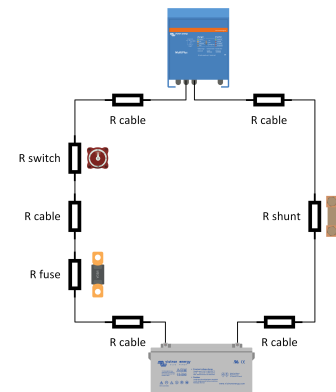
*) Alle spanningen zijn RMS-spanningen.

Hoe rimpelspanning herstellen:

rimpelspanning komt alleen voor als er een spanningsverlies in een systeem zit. Om problemen met rimpelspanning te herstellen, moet u het spanningsverlies verlagen. Dit betekent dat u de weerstand op het pad van de accu naar de omvormer en terug naar de accu moet verlagen. Raadpleeg voor meer informatie hoofdstuk [Stroom, kabelweerstand en spanningsverlies](#) [8].

Doe het volgende om hoge rimpelspanningen in een systeem te herstellen:

- Verklein lange accukabels
- Gebruik dikkere kabels.
- Controleer de verbindingsen van zekeringen, shunts en accu-scheidingsschakelaars.
- Controleer de specificaties van de zekeringen, shunts en accu-scheidingsschakelaars.
- Controleer op losse aansluitingen en losse kabelverbindingen.
- Controleer op vuile of verroeste aansluitingen.
- Controleer op slechte, oude of te kleine accu's.
- Gebruik steeds systeemcomponenten van goede kwaliteit.



3. Bedrading accubank

In het hart van elk Victron-systeem zit de accu. Dit is ofwel een enkelvoudige accu of een aantal onderling verbonden accu's.



OPGELET: Accuklemmen zijn niet geïsoleerd. Gebruik, om kortsluitingen of elektrische schok te voorkomen, geïsoleerd gereedschap en draag geen metaalhoudende sieraden,

3.1. De accubank

Accu's zijn onderling verbonden om de accuspanning te verhogen of om de accucapaciteit of beide te verhogen. Meerdere onderling verbonden accu's worden een accubank genoemd.

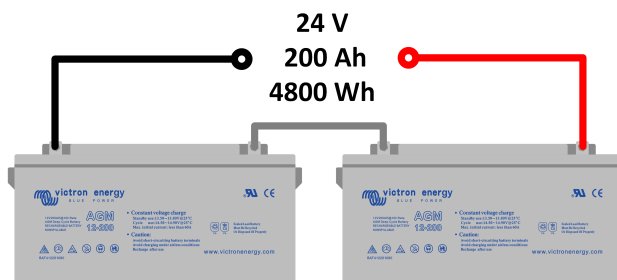
Het volgende is van toepassing op accubanken:

- Als accu's in serie verbonden zijn, dan verhoogt de spanning.
- Als accu's parallel geschakeld zijn, dan verhoogt de capaciteit.
- Als accu's in serie/parallel geschakeld zijn, dan verhogen zowel de spanning als de capaciteit.

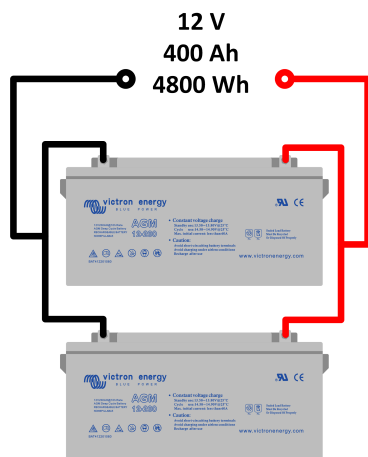
Enkele voorbeelden:



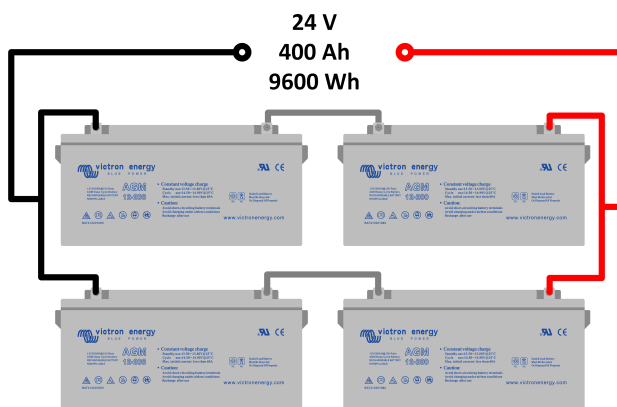
Enkelvoudige accu.



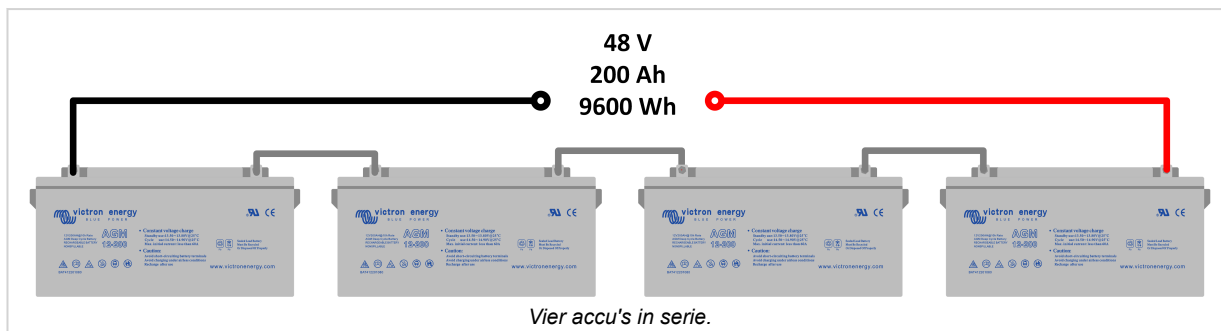
Twee accu's in serie.



Twee accu's in parallel.



Vier accu's in serie/parallel.



3.2. Grote accubanken

Als er een grote accubank nodig is, bevelen we niet aan dat u de accubank bouwt met vele 12 V-loodzuuraccu's in serie of parallel geschakeld. Het maximum ligt op ongeveer 3 (of 4) parallel geschakelde reeksen. De reden hiervoor is dat met een grote accubank als dit het lastig wordt om een gebalanceerde accubank te maken. In een grote accubank, in serie of parallel geschakeld, wordt een onbalans gemaakt door bedradingsvariëaties en lichte verschillen in interne weerstand van accu.

Voorbeelden van grote accubanken met 2 V loodzuuraccu's of lithium accu's:

2 V loodzuuraccu's:

2 V OPzV of OPzS accu's zijn beschikbaar in tal van grote capaciteiten. U hoeft alleen maar de capaciteit te kiezen die u wil en ze in serie te schakelen. Ze worden geleverd met specifieke verbindingkabels, exact voor dat doel.



2V OPzV loodzuuraccu's en verbindingkabels.



Victron Energy Lithium Battery Smart:

De Lithium Battery Smart accu's hebben interne celbalancering en een extern accubeheersysteem (BMS).



Lithium Battery 12,8V & 25,6V Smart



Smart Lithium accu's:

Met celbalancering en intern of extern accubeheersysteem (BMS). Elke accu kan met elkaar communiceren, maar ze kunnen ook communiceren met een bewakingsapparaat. In het geval van Victron is dit een GX-apparaat. De accu's geven een totale laadstatus voor de hele accubank en sturen dit naar het GX-apparaat. Raadpleeg, voor meer informatie over welke merken met Victron kunnen werken en hoe ze op te stellen, deze link: https://www.victronenergy.com/live/battery_compatibility:start.



Andere accucheemie:

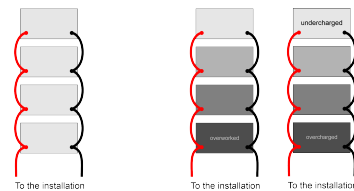
Flow accu's en andere chemie. Deze zijn algemeen beschikbaar in 48 V. Meerdere accu's kunnen parallel geschakeld worden zonder problemen. Elke accu heeft een eigen accubeheersysteem. Samen geven ze een totale laadstatus voor de hele accubank. Een GX controle-apparaat is nodig in het systeem. Raadpleeg, voor meer informatie over welke merken met Victron kunnen werken en hoe ze op te stellen, deze link: https://www.victronenergy.com/live/battery_compatibility:start.



3.3. Parallele bedrading accubank

Bedrading accubank is van belang

Het is van belang hoe een accubank in het systeem is aangesloten. Bij het aansluiten van een accubank is het makkelijk een fout te maken. Eén van de meest gebruikelijke vergissingen is om alle accu's parallel te schakelen en dan één kant van de parallel geschakelde accubank aan te sluiten op de elektrische installatie. Zoals aangegeven in de afbeelding aan de rechterkant.

**Wat gebeurt er als een belasting aangesloten is?**

De stroom van de onderste accu gaat alleen door de hoofdaansluitingskabels. In tegenstelling daarmee moet de stroom van de volgende accu's de hoofdaansluiting én de extra verbindingkabels doorkruisen om de volgende accu te bereiken. Naarmate het aantal accu's stijgt, stijgt ook het aantal verbindingkabels. Dit resulteert in een verlaging van beschikbare stroom van de bovenste accu in vergelijking met de onderste accu.

Wat gebeurt er als de accubank geladen wordt?

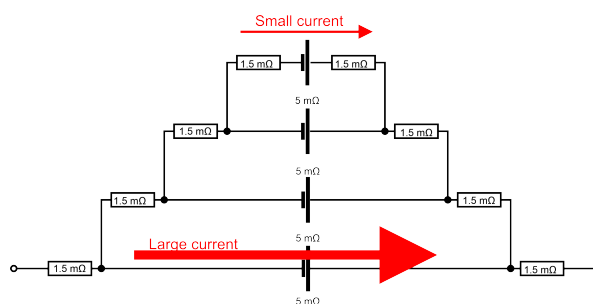
De onderste accu wordt geladen met een hogere stroom dan de bovenste accu. De bovenste accu wordt geladen met een lagere spanning dan de onderste accu. Het resultaat is dat de onderste accu meer moet presteren, harder ontladen en harder geladen wordt. De onderste accu zal vroegtijdig defect raken.

Waarom is kabelweerstand belangrijk bij het aansluiten van accubanken?

Denk er aan dat een kabel een weerstand is. Hoe langer de kabel, hoe hoger de weerstand. Tevens dragen de kabelschoenen en de accu-aansluitingen bij aan deze weerstand.

Om een indicatie hiervan te geven, de totale weerstand voor een 20 cm, 35 m² kabel samen met verbonden kabelschoenen bedraagt ongeveer 1,5 mΩ. Men kan stellen dat 1,5 mΩ niet veel is maar denk er aan dat de interne weerstand van een accu ook laag is. Daarom maakt het wel veel uit! De interne weerstand van een accu ligt kenmerkend tussen 10 tot 3 mΩ.

Als u een elektrisch schema maakt van een verkeerd aangesloten accubank ziet het er op de volgende manier uit:

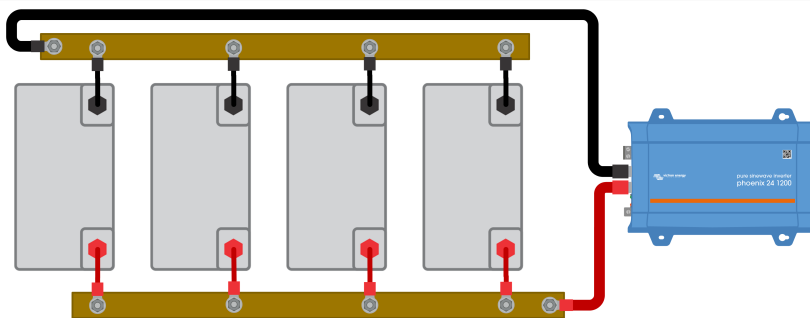


Stroom kiest steeds het pad van de minste weerstand. De meeste stroom loopt daardoor door de onderste accu. En alleen een kleine hoeveelheid stroom loopt door de bovenste accu.

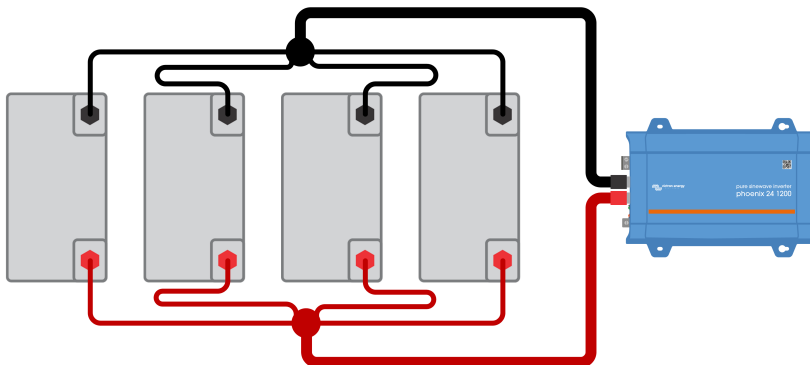
De juiste manier om meerdere parallel geschakelde accu's aan te sluiten is door ervoor te zorgen dat het totale pad van de stroom in en uit elke accu gelijk is.

Er zijn vier manieren om een parallel geschakelde accubank aan te sluiten:

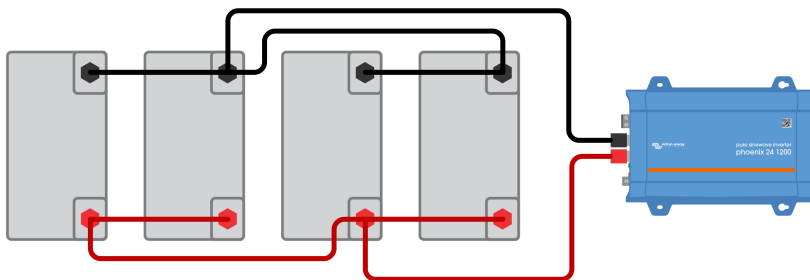
- Gebruik verdeelrails.



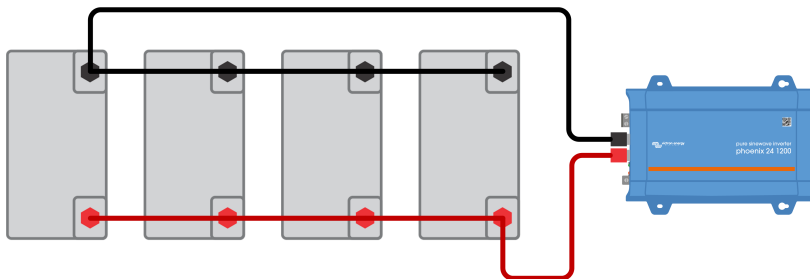
- Maak aansluiting via positieve en negatieve DC verdeelpunten. Zorg voor gelijke kabellengte van elk DC verdeelpunt naar elke accu.



- Sluit halverwege aan. Zorg ervoor dat alle kabels dezelfde dikte hebben.



- Sluit diagonaal aan. Houd er rekening mee dat, terwijl het aansluiten van de accu op deze manier eenvoudig en doeltreffend is, het niet perfect is. Er kunnen nog steeds lichte verschillen zijn in de individuele accustromen.

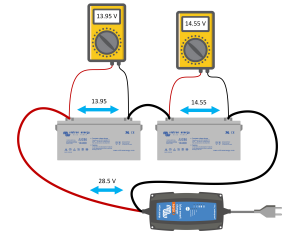


3.4. Balanceren loodzuur-accubank

Bij het maken van een loodzuuraccubank met een hogere spanning, zoals 24 of 48V, moet u meerdere 12V accu's in serie schakelen. Maar er is één probleem met het aansluiten van accu's in serie en dat is dat accu's elektrisch niet identiek zijn. Ze hebben lichte verschillen in interne weerstand. Als de accu's in serie geladen zijn, veroorzaakt dit verschil in weerstand een variatie in klemspanningen op elke accu. Hun spanningen worden "onbalanceerd". Deze "onbalans" stijgt op den duur en leidt ertoe dat één van de accu's constant te veel geladen wordt terwijl de andere accu constant te weinig geladen wordt. Dit resulteert in een vroegtijdige uitval van één van de accu's in de serie reeks.

Hoe controleren of een accubank gebalanceerd is:

- Laad de accubank.
- Meet aan het einde van de bulk laadfase. Dit is als de lader laadt met maximale stroom.
- Meet de individuele laadspanning van één van de accu's.
- Meet de individuele laadspanning van de andere accu.
- Vergelijk de spanningen.
- Als er een duidelijk verschil tussen deze spanningen is, dan is de accubank ongebalanceerd.

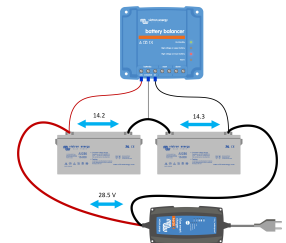


Hoe onbalans van accu's bij initiële installatie te voorkomen:

Om initiële onbalans van accu's te voorkomen, zorg ervoor elke individuele accu volledig te laden vóór de accu in serie (en/of parallel) aan te sluiten. Gebruik een Battery Balancer om onbalans in de toekomst te voorkomen, naarmate de accu's verouderen. De Battery Balancer is in een systeem aangesloten zoals aangegeven in de afbeelding aan de rechterkant. De Battery Balancer meet de spanning van de accubank en ook de individuele accuspanningen.

Hoe de Battery Balancer werkt:

- De Battery Balancer activeert zodra de accubank geladen wordt en de laadspanning meer dan 27,3 V bereikt heeft.
- Op dat ogenblik start de Battery Balancer met meten en vergelijken van de spanningen van beide accu's.
- Zodra het een spanningsverschil van meer dan 0,1 V detecteert tussen de twee accu's licht een waarschuwingslicht op en start de Battery Balancer met balanceren van de twee accu's.
- Dit doet de Battery Balancer door de accu met de hoogste spanning te ontladen door een stroom te trekken tot 0,7 A van die accu tot beide accuspanningen gelijk zijn.



Als accubalancer niet het vereiste effect heeft en het spanningsverschil groter wordt dan 0,2 V, dan is de onbalans van de accu groter dan de Battery Balancer kan corrigeren. Dit is meer dan waarschijnlijk een indicatie dat één van de accu's een storing ontwikkeld heeft en de Battery Balancer laat een alarm horen en het activeert het alarmrelais.

Voor een 24 V-systeem is een eenvoudige Battery Balancer nodig. En voor een 48 V-systeem zijn drie Battery Balancers nodig, één tussen elke accu.

Raadpleeg voor meer informatie de productinformatiepagina van de Battery Balancer op: <https://www.victronenergy.nl/batteries/battery-balancer>

3.5. Accubank middelpunt

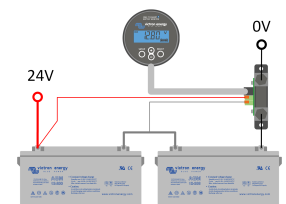
Onbalans van accu kan gedetecteerd worden door te kijken naar de middelpunt spanning van een accubank. Als de middelpunt spanning bewaakt wordt, kan het gebruikt worden om een alarm te geven als de middelpuntspanning buiten een bepaalde waarde afwijkt.

Zowel een Battery Balancer als een accubewaker kunnen een middelpunt alarm geven.

De BMV 702, BMV 712 en SmartShunt accubewakers hebben allemaal een tweede spanningsingang die gebruikt kan worden voor middelpunt bewaking. Het kan aangesloten worden op het middelpunt van de accubank. De accubewaker toont het verschil tussen de twee spanningen of als een percentage. Raadpleeg voor meer informatie de accubewaker-productpagina op: <https://www.victronenergy.nl/battery-monitors>

Een middelpunt-alarm kan het volgende betekenen:

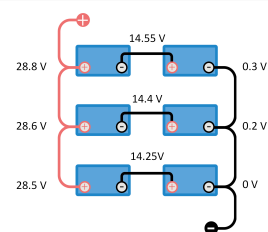
- Een individuele accu heeft een storing, zoals een open cel of cel met kortsluiting.
- Een individuele accu of meerdere accu's hebben het einde van hun levensduur bereikt door sulfatering of het verlies van actief materiaal.
- Egalisatie is nodig alleen voor natte cellen).



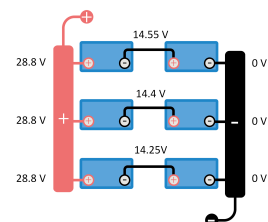
In een serie/parallel geschakelde accubank kan het nuttig zijn de middelpunten van elke parallel geschakelde serie reeks aan te sluiten. De reden hiervoor is het elimineren van onbalans binnen de accubank.

Hoe middelpunten aansluiten:

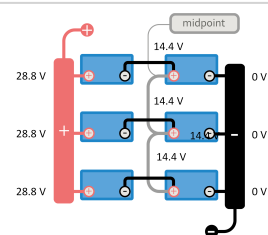
- Als u accu's in serie/parallel geschakeld aansluit, zoals de afbeelding aan de rechterkant, merkt u op dat de individuele spanningen per serie reeks variëren en ze variëren ook binnen de reeks.



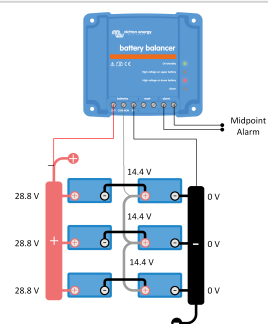
- Zorg er eerst voor dat elke reeks dezelfde spanningen heeft door het gebruik van een algemeen negatief en positief aansluitpunt of verdeelrail.



- Als elke reeks spanning gelijk is, kunnen de middelpunten verbonden worden. Zorg ervoor dat de middelpunt-bekabeling de volledige stroom tussen de accu's kan dragen.

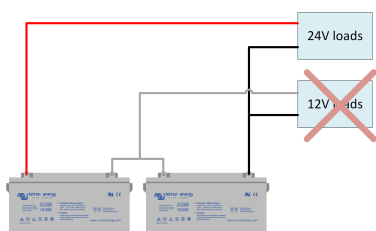
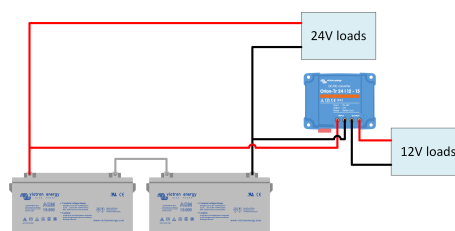


- Als het middelpunt van de accubank aangesloten is kan één Battery Balancer gebruikt worden, in plaats van het gebruik van 3 Battery Balancers (één voor elke reeks). Tevens kan een enkelvoudige BMV gebruikt worden voor middelpunt-bewaking van de volledige accubank.

**Sluit geen belastingen aan op het middelpunt van een accu:**

Het wordt niet aanbevolen belastingen aan te sluiten op het middelpunt van een accubank om belastingen te kunnen voeden die een lagere spanning vereisen. Door dit te doen wordt een grote onbalans in een accubank veroorzaakt. Deze onbalans is veel groter dan een Battery Balancer potentieel kan corrigeren (groter dan 0,7 A) en de accu, die gebruikt wordt om de lagere spanning te leveren, zal vroegtijdig defect raken.

De enige reden om de middelpunten van een accubank te gebruiken is voor balancerings- en/of bewakingsdoeleinden.

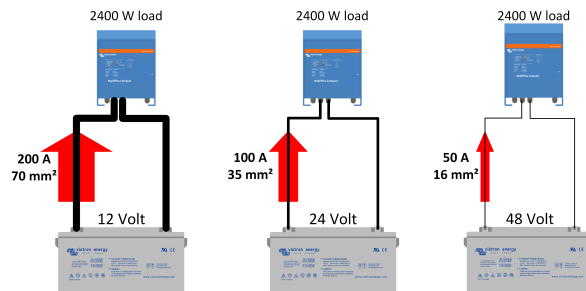
Doe dit niet:**Maar gebruik in plaats hiervan een Orion DC-DC omvormer:**

4. DC-bedrading

Het is belangrijk de juiste kabeldikte in een systeem te gebruiken. Dit hoofdstuk legt uit waarom en bevat andere nuttige informatie over waar op te letten bij het ontwerpen van de DC-bekabeling van een systeem.

4.1. Kabelselectie

De juiste kabel kan alleen geselecteerd worden als u de stromen in een systeem kent. Raadpleeg, om te weten te komen hoe de stroom te berekenen, het [Stroom, kabelweerstand en spanningsverlies \[8\]](#) hoofdstuk.



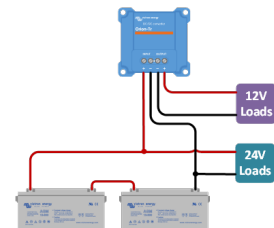
De onderstaande lijst toont een voorbeeld van welke kerndoorsnede bij deze stromen hoort, op voorwaarde dat de kabelafstand minder dan 5 meter bedraagt.

De aanbevolen bovengrenzen voor het vermogen van de omvormer per systeemspanning zijn:

- **12 V:** tot 3000 VA.
- **24 V:** tot 5000 VA.
- **48 V:** 5000 VA en hoger.

Om zeer dikke kabels te vermijden, is het eerste dat u moet overwegen het verhogen van de systeemspanning. Een systeem met een grote omvormer veroorzaakt grote DC-stromen. Als de DC-systeemspanning verhoogd wordt, dan zakt de DC-stroom en de kabels kunnen dunner zijn.

Als de systeemspanning verhoogd wordt, maar er DC-belastingen of DC-laadbronnen zijn die alleen 12 V kunnen verwerken, dan kunt u overwegen DC-DC omvormers te gebruiken in plaats van kiezen voor een lage spanning voor het hele systeem.

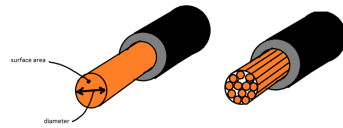


Zoals reeds uitgelegd is het zeer belangrijk om steeds de juiste kernoppervlakte te gebruiken. U kunt de juiste kernoppervlakte vinden in de producthandleiding. Het gebruik van een te dunne kabel heeft een rechtstreeks negatief effect op systeemprestaties. Over het algemeen wordt kabelkernoppervlakte weergegeven in mm². Dit geeft de oppervlakte van de kabelkern weer. Maar andere notaties worden ook gebruikt, zoals AWG (American Wire Gauge). Raadpleeg het einde van dit hoofdstuk voor een omzettingstabel van AWG naar metrisch.

- Kijk naar de kabelisolatie voor informatie over de kernoppervlakte van een kabelkern bestaand uit draden. Er zijn markeringen op de kabel die kabelkernoppervlakte aangeven.



Let op dat sommige kabels zeer dikke isolatie kunnen hebben en dikker kunnen lijken dan ze zijn. Kom meer te weten over de eigenlijke kernoppervlakte door te kijken naar de kabelmarkering of naar de specificaties, of voer alternatief een fysieke controle uit. Haal wat kabelisolatie weg en kijk naar de koperen kern van de kabel en maak een schatting van de kernoppervlakte. Bij een kabel vaste kern kunt u de kernoppervlakte berekenen als u de diameter van de kabelkern meet, maar in een kabel met draden is deze methode niet zo precies. (Houd er rekening mee dat we niet aanbevelen vaste kern kabels te gebruiken).

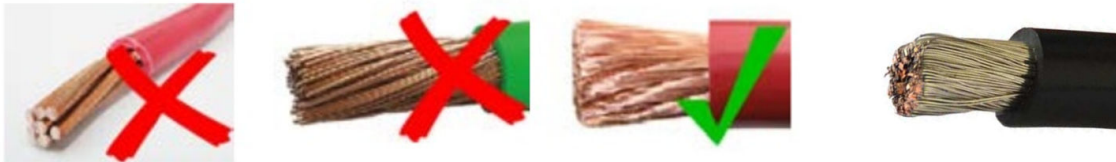


$$\begin{aligned}\text{Surface area} &= \pi \times \text{radius}^2 \\ \text{Surface area} &= \pi \times (\text{diameter}/2)^2 \\ A &= \pi \times (d/2)^2\end{aligned}$$

Als u geen kabel vindt die dik genoeg is, gebruik dan dubbele kabels. Gebruik twee kabels per aansluiting in plaats van één zeer dikke. Maar zorg er steeds voor, als u dit doet, dat de gecombineerde kernoppervlakte van beide kabels gelijk is aan de aanbevolen kernoppervlakte. Bijvoorbeeld, 2 x 35 mm² kabels zijn gelijk aan één 70 mm² kabel. Grotere Victron omvormer/acculaders zijn uitgerust met twee positieve en twee negatieve aansluitingen, juist voor dit doel.

Voorkom deze vergissingen bij het selecteren van kabels:

- Gebruik geen kabels met minderwaardige kern.
- Gebruik geen niet-flexibele kabels. (vaste kern)
- Gebruik geen AC-kabels.
- Gebruik voor maritieme of vochtige situaties "maritieme kabels". Dit zijn kabels met vertinde koperen draden.



Van links naar rechts: niet-flexibele kabel, kabel met te dikke draden, juiste kabel met fijne draden, juiste maritieme kabel met vertinde draden.

Berekenen van kernoppervlakte kan moeilijk zijn. Er bestaan manieren om u te helpen bij het selecteren van de juiste kernoppervlakte:

- Kijk in de producthandleiding.
- De Victron Toolkit-app.
- De vuistregel.
- Tabel met aanbevolen accukabels.

Producthandleidingen:

Al onze handleidingen bevelen de DC-accukernoppervlakte (en grootte van de zekering) aan die voor het product gebruikt moet worden.

De Victron Toolkit-app:

De Victron Toolkit-app helpt u bij het berekenen van kernoppervlakte en spanningsverlies. De app is gratis en kan hier gedownload worden: <https://www.victronenergy.nl/support-and-downloads/software#victron-toolkit-app>

U kunt de volgende parameters invoeren:

- Spanning.
- Kabellengte.
- Stroom.
- Kernoppervlakte.

Als de parameters ingevoerd zijn, berekent de app het spanningsverlies over beide kabels. U moet streven naar een spanningsdaling van minder dan 2,5%.

**Tabel met aanbevolen accukabels:**

De onderstaande tabel toont de maximale stroom voor een aantal standaard kabels waarbij het spanningsverlies 0,259 Volt bedraagt. Deze tabel gebruikt de totale kabellengte, dit is de lengte van de positieve kabel plus de lengte van de negatieve kabel. Houd er rekening mee dat de verliezen over de contacten niet inbegrepen zijn.

Kabeldiameter (mm)	Kabeldoorsnede (mm²)	Maximale stroom (A) voor een totale kabellengte tot 5 meter	Maximale stroom (A) voor een totale kabellengte tot 10 meter	Maximale stroom (A) voor een totale kabellengte tot 15 meter	Maximale stroom (A) voor een totale kabellengte tot 20 meter
0.98	0.75	2.3	1.1	0.8	0.6
1.38	1.5	4.5	2.3	1.5	1.1
1.78	2.5	7.5	3.8	2.5	1.9
2.26	4	12	6	4	3
2.76	6	18	9	6	5
3.57	10	30	15	10	8
4.51	16	48	24	16	12
5.64	25	75	38	25	19
6.68	35	105	53	35	26
7.98	50	150	75	50	38
9.44	70	210	105	70	53
11.00	95	285	143	95	71
12.36	120	360	180	120	90

Vuistregel:

Gebruik, voor een snelle en algemene berekeningen voor kabels tot 5 meter, deze formule:

$$\text{Current} / 3 = \text{cable size in mm}^2$$

Bijvoorbeeld: Als de stroom 200 A bedraagt, dan moet de kabel het volgende zijn: $200/3 = 66 \text{ mm}^2$

Omreken tabel AWG naar Metrisch

Deze tabel toont de omrekeningen en weerstand voor kabels tot AWG 10. Raadpleeg, voor de volledige tabel (tot AWG 40), deze link: <https://www.victronenergy.com/upload/documents/AWG%20to%20Metric%20Conversion%20Chart.pdf>

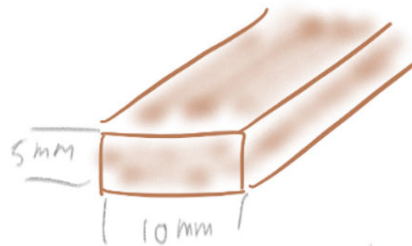
AWG	Diameter (in)	Diameter (mm)	Kernoppervlakte (mm²)	Weerstand (ohm/m)
4/0 = 0000	0.460	11.7	107	0.000161
3/0 = 000	0.410	10.4	85.0	0.000203
2/0 = 00	0.365	9.26	67.4	0.000256
1/0 = 0	0.325	8.25	53.5	0.000323
1	0.289	7.35	42.4	0.000407
2	0.258	6.54	33.6	0.000513
3	0.229	5.83	26.7	0.000647
4	0.204	5.19	21.1	0.000815
5	0.182	4.62	16.8	0.00103
6	0.162	4.11	13.3	0.00130
7	0.144	3.66	10.5	0.00163
8	0.128	3.26	8.36	0.00206
9	0.114	2.91	6.63	0.00260
10	0.102	2.59	5.26	0.00328

4.2. Verdeelrails

Verdeelrails zijn zoals kabels, het zijn alleen harde metalen stangen. Ze zijn gemaakt van koper of vertind koper. Ze worden gebruikt in grote systemen waar grote stromen lopen. Ze bieden eengemeenschappelijk positief en gemeenschappelijk negatief punt tussen de accu's en meerdere omvormers. Verdeelrails worden ook gebruikt in kleinere systemen, vooral als er veel DC-apparatuur is. In dit geval biedt een verdeelrail een goede plaats om alle verschillende DC-kabels op aan te sluiten.

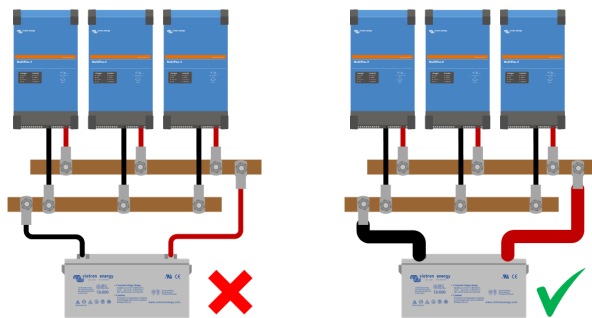
Gebruik, om de verdeelraildikte te berekenen, eenvoudigweg de aanbevolen kernoppervlakte en pas dit toe op de doorsnedeoppervlakte van de verdeelrail.

surface area = width x depth

Bijvoorbeeld:

- Een verdeelrail van 10 mm x 5 mm.
- De doorsnede van de oppervlakte bedraagt $5 \times 10 = 50 \text{ mm}^2$.
- Dit moet geschikt zijn voor 150 A voor afstanden tot 5 meter.

Zorg ervoor, bij het aansluiten van het systeem, dat de doorsnede van de aansluiting tussen de accu's en het DC-verdeelpunt gelijk is aan de som van de vereiste doorsnedes van de aansluitingen tussen het distributiepunt en de DC-apparatuur. Raadpleeg de onderstaande afbeelding voor voorbeelden hiervan.



OPGELET: Verdeelrails zijn niet geïsoleerd. Gebruik, om kortsluitingen of elektrische schok te voorkomen, geïsoleerd gereedschap en draag geen metaalhoudende sieraden,

Bij het gebruik van verdeelrails is het in de meeste gevallen noodzakelijk de verdeelrail af te schermen, vooral als de verdeelrail eenvoudig bereikbaar is.. Dit om te voorkomen dat mensen de verdeelrail aanraken of om een kortsluiting te voorkomen als er een metalen voorwerp per ongeluk over de positieve en negatieve verdeelrails zou vallen en beide verdeelrails zou kortsluiten. Een eenvoudige manier om dit te doen is het monteren van een Perspex-plaat vóór of over de verdeelrail. Zie de afbeelding aan de rechterkant.



Verdeelrails kunt u makkelijk zelf maken, u hebt alleen een koperen of messing stang nodig waarin u gaten boort zodat elektrische kabels op de stang aangesloten kunnen worden. Gebruik vertind koper of vertind messing voor maritieme toepassingen. Verdeelrails kunnen gekocht worden in elektrische groothandels of bij metaalleveranciers.



Victron heeft een aantal producten die verdeelrails bevatten. Ze kunnen ook gevonden worden bij onze DC-distributiesystemen en zekeringen productpagina. Volg deze link voor de volledige productinformatie: <https://www.victronenergy.nl/dc-distribution-systems>.

Overzicht Victron-verdeelrail:

Verdeelrails berekend op 150, 250 en 600 A, met verschillende aansluitingsopties en met en zonder afdekking (het 250 A 6 p model staat afgebeeld aan de linkerkant).



Zekeringhouder 6-wegs voor MEGA zekeringen met een 250 A verdeelrail.



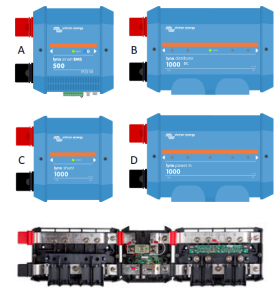
Modulaire MEGA zekeringhouders:

- 5 positie verdeelrail, 500 A waarde.
- 6 positie verdeelrail. 1500A (afgebeeld aan de linkerkant).



Het Lynx-distributiesysteem bestaat uit aparte modules die met elkaar verbonden kunnen worden om een doorlopende verdeelrail te vormen voor 12, 24 of 48 V-systemen:

- Lynx Smart BMS - een BMS voor onze Smart lithium accu's, met een accubewaker en Bluetooth. Gebruikt VE.Can-communicatie om Lynx-distributie zekeringinformatie te lezen en om te communiceren met een GX-apparaat. Nominaal vermogen 500 A.
- Lynx distributor - om tot vier DC-belastingen of accu's en hun zekeringen en indicatielicht per zekering aan te sluiten. (meerdere kunnen aangesloten worden). Nominaal vermogen 1000 A.
- Lynx shunt - een accubewaker en hoofdzekeringhouder. Gebruikt VE.Can om te communiceren met een GX-apparaat en om de accubewaker te lezen. Nominaal vermogen 1000 A.
- Lynx Power In - om accu's aan te sluiten (een Lynx distributor kan ook gebruikt worden). Nominaal vermogen 1000 A.



4.3. Kabelaansluitingen

Er bestaan meerdere manieren om kabels aan te sluiten op accu's of op Victron-producten en aansluitingen worden op tal van manieren uitgevoerd.

Bouten, moeren en schroeven

Deze zijn er gewoonlijk in grootte zoals M5, M6, M8 of M10. Houd er rekening mee dat voor elektrische doeleinden gebruikte bouten meestal gemaakt zijn van vertind messing. Gebruik dus bij het vastdraaien hiervan het juiste aanhaalmoment. Te hard vastdraaien kan de moer of bout breken. Raadpleeg de producthandleiding voor het aanbevolen aanhaalmoment.

Perskabelogen worden gebruikt om de kabel op een bout aan te sluiten. Het perskabeloog moet overeenkomen met de kernoppervlakte. Een speciaal persgereedschap is nodig om een perskabeloog aan een kabel te bevestigen. Als de perskabeloog geen isolatie heeft, dan moet u dit toevoegen.

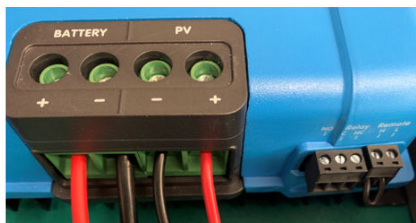
Plaats, bij het aansluiten van een perskabelschoen op de bout, een sluitring en dan een veerring en dan de moer. Zorg ervoor dat de perskabeloog plat op het onderliggende oppervlak ligt. Doe niets in tussen het perskabeloog en het montage-oppervlak, zoals sluitringen of zekeringen. Dit verlaagt de stroomvoerende capaciteit van de aansluiting.



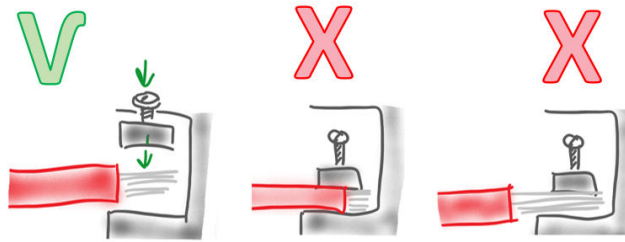
Gebruik geïsoleerde gereedschappen bij het vastdraaien van de moer. Een onvoorziene accu kortsluiting kan zeer gevaarlijk zijn en de stroom kan uw niet-geïsoleerde moersleutel laten smelten of de vonk kan een accu-explosie veroorzaken.

Schroefaansluitingen

Schroefaansluitingen zijn er in veel vormen en groottes, geschikt voor dikke of dunne draden. Raadpleeg, voor een indicatie van de maximale kernoppervlakte die in een schroefaansluiting gebruikt kan worden, de producthandleiding.



Haal een voldoende lengte kabelisolatie weg het gestripte uiteinde in het aansluitgat in te voeren. Voorkom dat kabelisolatie in de aansluiting gaat. Dit kan tot te veel weerstand leiden. De aansluiting gaat verhitten en mogelijk smelten. Voorkom kale kabel die zichtbaar is buiten de connector. Dit is gevaarlijk daar het elektrocutie of kortsluiting kan veroorzaken.



De schroeven binnen elektrische aansluitingen zijn gewoonlijk gemaakt van vertind messing. Gebruik bij het vastdraaien steeds het juiste aandraaimoment. Te hard vastdraaien kan de schroef breken. Raadpleeg de producthandleiding voor het juiste aandraaimoment.

Gebruik ook nooit starre kabelstarters of soldeer de kabeldraden niet aan elkaar, dit maakt slecht contact in de schroefaansluiting, de draad kan losraken of dit geeft te veel contactweerstand. Te veel weerstand zorgt ervoor dat de aansluiting warm wordt.

Het wordt **ten zeerste** aanbevolen adereindhulzen te gebruiken (raadpleeg ook volgende sectie). Adereindhulzen brengen de kabeldraden op één lijn en houden ze samen. Dit maakt het optimale contact binnen de schroefaansluiting.

Adereindhulzen

Dit zijn kokers die over een gestripte kabeluiteinde glijden en verbonden zijn met de kabel via een speciaal krimpgereedschap.

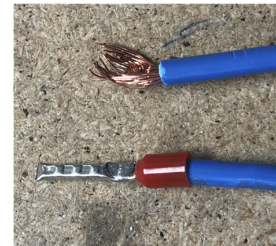
Ze worden gebruikt om de gestripte kabeldraden op één lijn te brengen en te voorkomen dat ze zich verbreden bij het invoeren van een kabel in een schroef of push-aansluiting.



Wat gebeurt er als er geen adereindhulzen gebruikt worden?

Gebruik adereindhulzen voor alle bedradingsaansluitingen, vooral bij het aansluiten van een schroefaansluiting die geen kooi heeft. Als een soepelekabel gebruikt wordt zonder een adereindhuls kan de aansluitingsschroef alleen enkele draden klemmen en de draaibeweging van de schroef kan zelfs de draden draaien en breken.

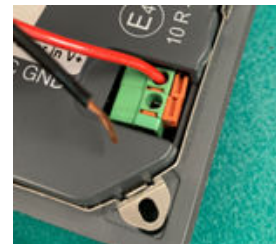
De foto aan de rechterkant illustreert dit. De draden van de bovenste draad werden beschadigd en er werd alleen gedeeltelijk contact gemaakt. De draden van de onderste kabel waren beschermd en er werd volledig contact gemaakt.



Push-in-aansluiting

U gebruikt ze op de volgende manier:

- Haal een voldoende lengte kabelisolatie weg.
- Druk het oranje deel omlaag met een platte schroevendraaier.
- Voer de afgestripte draad in.
- Voorkom dat kabelisolatie in de aansluiting gaat. Dit kan tot te veel weerstand leiden en de aansluiting gaat verhitten en mogelijk smelten.
- Voorkom dat niet-geïsoleerde kabel (kale kabel) zichtbaar is buiten de aansluiting. Dit is gevaarlijk daar het elektrocutie of kortsluiting kan veroorzaken.
- Laat het oranje deel los.
- De kabel is nu geblokkeerd. Geef de kabel een kleine ruk om te controleren of de kabel stevig bevestigd is.



Kabelschoen vlaksteker

Een kabelschoen moet gekrompen worden op de kabel met speciaal krimpgereedschap. Het assortiment van deze connectoren omvat connectoren met en zonder isolatie en sommige met bijzondere kenmerken, zoals tandemaansluitingen.



MC-connectoren

Deze connectoren worden exclusief gebruikt om PV-panelen aan te sluiten op andere PV-panelen en of PV-laders. De meest algemene is de MC4, maar MC1, MC2 en MC3 bestaan ook maar worden niet meer gebruikt. De letters "MC" staan voor MultiContact, dit is de naam van één van de originele producenten, die is blijven hangen. De cijfers 1 tot 4 staan voor de doorsnede van de contactpen in mm². Enkele bijzonderheden:

- Ze zijn waterdicht (IP67) en kunnen buiten gebruikt worden.
- Mannelijke of vrouwelijke aansluitingen.
- Berekend op 20 A, 600 V (nieuwere versies 1500 V).
- Een speciaal krimpgereedschap is nodig.
- Kan gekocht worden als vooraf gemonteerde kabels.
- MC4 Y-onderdelen (of Y-kabels), gebruikt op PV-panelen parallel geschakeld aan te sluiten.

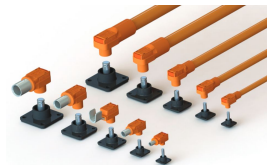


Raadpleeg voor meer informatie hoofdstuk [PV panelen \[42\]](#).

RADLOK™ -aansluitingen

Push-type DC-aansluitingen door Amphenol. Ze hebben een uniek, positief vergrendelingsmechanisme dat de aansluiting op zijn plaats beveiligd en toevallige ontkoppeling voorkomt. De aansluiting is ontworpen om zeer betrouwbaar te zijn, met een hoge bestendigheid tegen omgevingsfactoren, zoals trillingen, temperatuur, vochtigheid en blootstelling aan bijtende stoffen.

Beschikbaar in modellen gaande van 70 - 400 A modellen berekend voor tot 1000 V. Ze worden vaak gebruikt met beheerde accu's. Voor een informatieblad zie: <http://www.amphenol-industrial.com/images/datasheets/IDS-67%20RADLOK.pdf>.



Anderson-connectors

Aansluitingen met veermechanisme, gemaakt van vertind of vernikkeld koper om corrosie te weerstaan. Ze zijn beschikbaar in veel groottes om te voldoen aan verschillende kernoppervlakten en stroomvereisten. Ze worden vaak gebruikt in automobiel of mobiele toepassingen waarbij snelle aansluiting en ontkoppeling gebruikelijk zijn.

Zorg ervoor dat de stroom overeenkomt met de stroom als het systeem onder volledige belasting staat. Wees ervan bewust dat ze bijdragen aan de kabelweerstand als ze tussen de accu en de omvormer geplaatst zijn. Beperk of vermijd in dit geval hun gebruik.



Sigarettenaansteker connectors

Deze worden over het algemeen gebruikt bij eenvoudige automobiel-toepassingen. Ze zijn niet geschikt voor stromen hoger dan 10 A. Daarom zijn ze niet geschikt om een omvormer aan te sluiten. Houd er ook rekening mee dat het circuit in de auto een zelfs lagere zekeringwaarde dan 10 A kan hebben.

Wees voorzichtig bij het gebruik hiervan om de plug juist en diep genoeg in te voeren. Als nietjuist ingevoerd kan de connector heet worden en smelten. Beperk of vermijd hun gebruik.



Accuklemmen

Deze zijn alleen bedoeld voor tijdelijke aansluitingen. Ze hebben vaak niet genoeg stroomsterkte en mogen nooit permanent worden gebruikt in een elektrisch systeem. Beperk of vermijd hun gebruik.






4.4. Krimp kabelschoenen en vlakstekers

Enkele bijzondere opmerkingen over geïsoleerde krimpkabelschoenen. Dit soort krimpaansluitingen zijn overal verkrijgbaar en eenvoudig te gebruiken.











Ze zijn er in 3 kleuren, namelijk rood, blauw en geel. Deze kleuren duiden de kernoppervlakte aan die gebruikt kan worden met de krimpkabelschoen:

- Rood - voor draad tussen 0,5 en 1,5 mm².
- Blauw - voor draden tussen 1,5 en 2,5 mm².
- Geel - voor draden tussen 2,5 en 6 mm².

De onderstaande tabel geeft de maximale stroom per krimpkabelschoenkleur weer als verschillende kabellengtes gebruikt worden.

	Colour	wire size mm ²	wire size AWG	5 m cable max A	10 m cable max A	15 m cable max A	20 m cable max A
	Red	0.5 - 1.5	22-16	4.5	2.3	1.5	1.1
	Blue	1.5 - 2.5	16-14	7.5	3.8	2.5	1.9
	Yellow	2.5 - 6	10-12	18	9	6	5

De krimpkabelschoenen zijn beschikbaar in tal van verschillende vormen, zoals weergegeven in de onderstaande tabel.

Spade female	Spade female Isolated	Spade male	Fork	Bullet female	Bullet male	Pin	Butt splice	Eye	Blade
									

Van links naar rechts:

- Vrouwelijke vlaksteker, niet-geïsoleerd.
- Vrouwelijke vlaksteker, geïsoleerd.
- Mannelijke vlaksteker.
- Vork-kabelschoen.
- Vrouwelijke kogel-kabelschoen - we bevelen het gebruik van deze kabelschoen niet aan; ze maken vaak een slecht contact en kunnen een bron van systeemproblemen zijn.
- Mannelijke kogel-kabelschoen - we bevelen het gebruik van deze kabelschoen niet aan; ze maken vaak een slecht contact en kunnen een bron van systeemproblemen zijn.
- Pen-aansluitklem.
- Kop-staartkoppeling-kabelschoen - we bevelen het gebruik van deze kabelschoen niet aan; ze maken vaak een slecht contact en kunnen een bron van systeemproblemen zijn. Een beter alternatief is de WAGO Compact Splicing Connector 221-482, berekend voor kabels tot 4 mm², raadpleeg deze link voor meer informatie: <https://www.wago.com/global/installation-terminal-blocks-and-connectors/compact-splicing-connector/p/221-482>
- Vlaksteker.

Gebruik een professioneel van een pal voorzien krimpgereedschap om een aansluiting juist op een kabel te krimpen. De pal-actie zorgt ervoor dat juiste druk toegepast wordt op de krimp verbinding. Het gereedschap heeft 3 krimpzones, die zijn aangeduid met rode, blauwe en gele puntjes. Deze puntjes komen overeen met de krimpkabelschoen kleur. Raadpleeg de onderstaande afbeelding voor voorbeelden van een professioneel krimpgereedschap.

Zorg ervoor, vóór het krimpen, dat draadisolatie niet te diep in de kabelschoen geduwd wordt. De kabelschoen heeft twee verschillende krimpsecties, één voor de draadkern en één voor de draadisolatie. Het professionele krimpgereedschap krimpt beide secties met een verschillende druk.

Na het krimpen is het goed om de krimpaansluiting te testen door een korte ruk aan de draad te geven, dit om ervoor te zorgen dat de kabelschoen stevig gekrompen is.



4.5. Kabels

Bij het leggen en aansluiten van kabels tussen alle componenten in een systeem zijn er een aantal praktische zaken om in het oog te houden met betrekking tot deze kabels. Hoewel u het juiste kabel advies gevolgd hebt, zijn er nog steeds enkele kabelgerelateerde factoren in het spel die een probleem in een systeem kunnen veroorzaken.

Gebruik de juiste kabeldikte en gebruik indien nodig dubbele kabels:

Het [Theorie \[2\]](#) hoofdstuk van dit boek heeft uitgelegd waarom kabels een zekere kernoppervlakte moeten hebben en wat de negatieve effecten zijn als de kabels te dun zijn. Bij het aansluiten van een systeem echter kan de vereiste kernoppervlakte misschien niet beschikbaar zijn of moeilijk te verkrijgen. Ook zijn erg dikke kabels moeilijk te hanteren of kunnen ze geen scherpe bochten maken. In die gevallen is het OK om twee kabels te gebruiken in plaats van een enkelvoudige kabel. Veel omvormers en omvormer/acculaders hebben dubbele positieve en dubbele negatieve aansluitklemmen juist voor dat doel.

Als er dubbele kabels gebruikt worden, dan kan het zijn dat elke kabel individueel van een zekering wordt voorzien. De vereisten kunnen variëren per land en per toepassing, controleer dus uw lokale voorschriften hierover.

Dan kan een ander lokaal vereiste zijn dat elke individuele aansluiting de volledige belasting moet kunnen dragen, dus in dit geval is het aansluiten met dubbele kabels niet mogelijk, controleer dus de lokale voorschriften als dit op u van toepassing is.

Houd kabels zo kort mogelijk:

Probeer de afstand van kabels met hoge stromen, zoals accu en omvormer of omvormer/lader zo klein mogelijk te houden. Maar kijk uit, plaats geen elektronische apparatuur rechtstreeks boven loodzuuraccu's, zelfs niet als loodzuuraccu's verzegeld zijn.

Dit zodat u geen zeer dikke kabels moet gebruiken. Hoe dicht bij de accu's, hoe korter de kabel en hoe dunner de kabel kan zijn.

Let op dat kabels hitte afgeven:

Door kabelweerstand geven de kabels hitte af als er stroom doorheen gaat. Hoe hoger het spanningsverlies over de kabel, hoe meer hitte er afgegeven wordt. Bijvoorbeeld als het spanningsverlies 2,5 % bedraagt, dan betekent dit dat als er 1000 W vermogen door de kabel gaat, wordt 2,5 % van dat vermogen afgegeven als hitte. Dus voor een 1000 W belasting betekent dit 25 W hitte.

Het is belangrijk dat deze afgegeven hitte verspreid kan worden.

Als kabels opgesloten zijn, bijvoorbeeld in een kabelgoot, dan kan de hitte misschien niet verspreid worden en verhitten de kabels eventueel te veel. De enige oplossing in dit geval is om de kernoppervlakte te verhogen en misschien zelfs te verdubbelen.

Gebruik een kabelgoot die bovenaan open is. Gebruik als alternatief dikkere kabels, zodat het spanningsverlies minder is en daarom minder hitte afgegeven wordt. Raadpleeg het [Stroom, kabelweerstand en spanningsverlies \[8\]](#) hoofdstuk en het [De negatieve effecten spanningsverlies over de kabel \[11\]](#) hoofdstuk voor meer informatie hierover.

Een suggestie zou kunnen zijn om een systeem op volle belasting te laten werken en de kabels te controleren met een thermische camera. Dit is ook een goede manier om losse kabelaansluitingen of slecht gekrompen aansluitklemmen te vinden.

Laat speling in de kabels

Strakke kabels samen met voertuigtrillingen is geen goede zaak. De perskabelschoenen en accupolen staan dan onder te veel spanning en gaan op den duur losraken. Een goed voorbeeld hiervan is de bedrading tussen accu's om een grote accubank te vormen. Als de onderling verbonden draden geen speling hebben en de accu's niet volledig onbeweegbaar zijn, staat er teveel druk op de accuklemmen of de perskabelschoenen en gaan uiteindelijk loskomen of beschadigd raken.

Gebruik trekontlasting

dikke kabels zijn zwaar, laat niet het volle gewicht van een dikke kabel aan een omvormer, omvormer/acculader of accu-aansluiting hangen. Dit is vooral belangrijk als de installatie blootgesteld wordt aan trillingen. Trekontlasting of kabelmontagebeugels dragen het gewicht van de kabel.

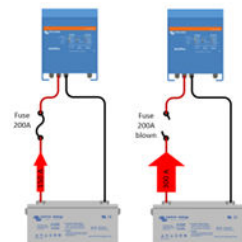
4.6. Zekeringen en stroomonderbrekers

Een zekering is elektrisch veiligheidsapparaat. Een zekering beschermt een stroomkring tegen hoge stromen.

De zekering wordt geplaatst in de toevoerkabel naar een elektrisch apparaat toe. Zodra stroom door de zekering loopt die hoger is dan de zekeringwaarde, gedurende een bepaalde tijdperiode, brandt de zekering door. Als de zekering doorgebrand is, loopt er geen stroom meer in het circuit. Hoger-dan-verwachte stroomsituaties kunnen voorvallen als een elektrisch apparaat een storing krijgt of als er een kortsluiting in de stroomkring is.

De zekering beschermt draden en apparatuur tegen:

- Te hoge stroom - als er meer stroom in het systeem loopt dan waar het voor berekend is.
- Kortsluiting - als een aansluiting per ongeluk in contact komt met een andere aansluiting.

**Hoe werkt een zekering?**

Er zijn drie soorten van zekeringmechanismen:

- Draadzekering (eenmalig).
- Warmte-zekering (herstelbaar).
- Magnetische zekering (herstelbaar).

De "eenmalige" zekering:

Traditioneel bevat een zekering een draad of een strook metaal die smelt zodra een onaanvaardbare stroom door de zekering loopt. Als de draad in de zekering gesmolten is, dan is de stroomkring defect en kan er geen stroom meer in het circuit lopen. Als de zekering doorgebrand is, moet het vervangen worden door een nieuwe zekering om het circuit opnieuw operationeel te maken. Deze zekeringen zijn eenmalige zekeringen. Als ze doorgebrand zijn, kunnen ze niet hersteld worden. Ze moeten door een nieuwe vervangen worden.

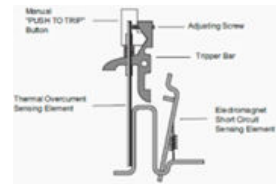


De herstelbare (of automatische) zekering:

Een ander type zekering is de automatische zekering, vaak stroomonderbreker of miniatuur stroomonderbreker (CB of MCB) genoemd. Deze apparaten onderbreken de stroomloop als er een te hoge stroom loopt. Soms maken ze opnieuw verbinding nadat de te hoge stroom-gebeurtenis achter de rug is, of ze moeten handmatig hersteld worden. Ze hoeven niet vervangen te worden zoals de traditionele zekeringen.

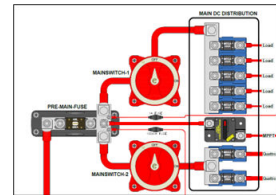
Er zijn 2 manieren waarop deze zekeringen werken, ofwel thermisch ofwel magnetisch of een combinatie van beide:

- De thermischestroomonderbreker bevat een bi-metalen strook die verhit als er te veel stroom loopt. Het bi-metaal buigt als het verhit wordt en door dit buigen verbreekt het het stroompad.
- De magnetisch onderbreker bevat een elektromagneet die gevoelig is voor grote stroom. Als er een te grote stroom loopt, maakt de elektromagneet een magnetische kracht die het pad van de stroom verbreekt.



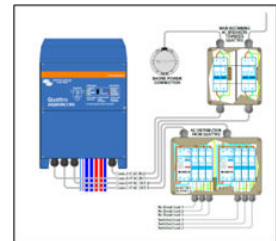
Plaats van de DC-zekeringen:

Elke gebruiker die op een accu wordt aangesloten moet van een zekering voorzien zijn. De zekering wordt geplaatst in de positieve kabel. Elke individuele gebruiker moet een individuele zekering hebben. Ongeacht hoe groot of klein het vermogen van het apparaat is. Accu's kunnen potentieel zeer hoge stromen produceren die brand kunnen veroorzaken. Als de gebruiker een storing en interne kortsluiting maakt, loopt er een zeer grote stroom, potentieel brandrisico veroorzakend. Een DC-circuit bevat meestal een hoofdaccuzekering, waarna dit verdeeld wordt naar de individuele gebruikers. Elke gebruiker heeft een individuele zekering.



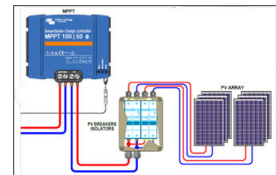
Plaats van de AC-stroomonderbrekers:

De stroomonderbrekers zijn geplaatst dichtbij het ingangspunt van het openbare net en/of het aggregaat in het schakelbord. De AC-onderbreker is geplaatst in de fase geleider of in zowel de fase als de nul geleider. Er worden enkel of dubbel polige stroomonderbrekers gebruikt. Er is gewoonlijk één hoofdstroomonderbreker per AC-voeding, waarna de voeding verdeeld wordt naar tal van groepen. Elke groep bevat een stroomonderbreker die een groep van AC-verbruikers beschermt.



Plaats van de PV-reeks stroomonderbrekers:

Er moet een zekering geplaatst worden tussen een PV-reeks en de PV-lader. Controleer bij de lokale overheden, voorschriften kunnen per toepassing en land variëren.



Zekeringhouders

Zekeringen moeten in zekeringhouders geplaatst worden. De zekeringhouder houdt de zekering stevig op zijn plaats. En in sommige gevallen leveren ze ook elektrische isolatie. Stroomonderbrekers worden meestal gemonteerd op DIN-rail. Zekeringen en stroomonderbrekers zijn normaal gezien te vinden op een schakelbord, bij voorkeur binnen een behuizing.

Zekeringwaarden en hoe de juiste zekering selecteren:

Bij het selecteren van een zekering zijn er 4 selectiecriteria:

- Stroomsterkte
- Spanning
- Snelheid
- Type

Het is belangrijk de juiste zekering te kiezen die overeenkomt met het circuit en overeenkomen met het vermogenverbruik van de apparatuur in dat circuit. De waarde van de zekering wordt getoond op de zekering of kan gevonden worden in het informatieblad van de zekering of de specificaties.

Stroomsterkte

Als er maar één verbruiker in een circuit zit, dan moet de zekering overeenkomen met de stroomsterkte van die verbruiker of de stroomsterkte van de kabel, welke de laagste van de twee is. Als er meerdere verbruikers in een circuit zijn, dan moet de zekering overeenkomen met de stroomsterkte van de bekabeling in het circuit.

Spanning

De zekeringsspanning moet gelijk of groter zijn dan de verwachte maximale spanning in het systeem. De zekering moet specifiek berekend zijn op het vereiste type, DC en/of AC. De meeste DC-zekeringen zijn geschikt voor 12 en 24 V, maar ze zijn niet noodzakelijkerwijs geschikt voor 48 V en hoger. Houd er rekening mee dat niet alle zekeringen of stroomonderbrekers gebruikt kunnen worden in zowel AC- als DC-circuits. Als de zekering zowel voor AC als DC gebruikt kan worden, dan wordt de spanning voor AC vaak hoger berekend dan de DC-spanning.. Denk er ook aan dat stroomonderbrekers voor één richting kunnen zijn, dus voor DC is het van belang in welke richting ze in het circuit aangesloten zijn.

Snelheid

De snelheid van een zekering is de tijd die de zekering nodig heeft om te openen als zich een fout stroom voordoet. Dit wordt bepaald door het zekeringmateriaal, het mechanisme, de stroom en de temperatuur.

Er zijn trage en snelle zekeringen:

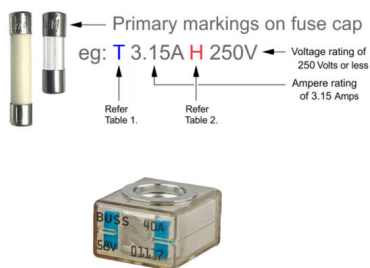
- Trage zekeringen worden over het algemeen gebruikt in DC-toepassingen die gevonden kunnen worden in automobiel en maritieme circuits. Deze circuits bevatten verbruikers met een hoge opstartstroom, zoals motoren of apparaten met condensatoren, zoals een omvormer. De trage zekering weerstaat een hoge, korte duurtijd, initiële stroom, om een motor de kans te geven om te starten.
- Snelle zekeringen worden gebruikt in AC-toepassingen. AC-verbruikers zijn vaak gevoelig voor wijzigingen in de loop van elektriciteit, dus hebben ze een zekering nodig die snel kan reageren, om de verbruiker te beschermen. Maar in enkele gevallen kan een AC-verbruiker een hoge opstartstroom hebben, dit is apparatuur met elektromotoren, zoals koelkasten, airconditioners en compressoren. In deze scenario's is een tragere zekering nodig.

Zekeringelement snelheidwaarden:

- FF Zeer snel reagerend (Flink Flink).
- F Snel reagerend (Flink).
- M Medium reagerend (Mitteltrage).
- T Traag reagerend (Trage).
- TT Zeer traag reagerend (Trage Trage).



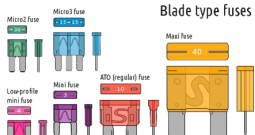











Zekeringmarkeringen

De zekering bevat markeringen over wat de waarde is. Maar er kan informatie ontbreken. Dan is een goede bron om meer te weten te komen de zekeringsspecificaties. Deze kunnen makkelijk online of via uw zekeringleverancier gevonden worden.



Catalog Number	Marine Rated Battery Fuses
Application	Full range circuit protection for automotive and marine applications. Break in capacity meets the requirements of conventional vehicle batteries and 42V electrical networks
Voltage Rating	58Vdc Maximum
Amperage Rating	30A - 300A
Ingress Protection	IP68
Ignition Protected	Per SAEJ1117
Interrupt Rating	10000 AMP @ 14Vdc 5000 AMP @ 32Vdc 2000 AMP @ 58Vdc
Torque Rating	Maximum 12 Nm (106 in-lbs)
Material	Body - Ceramic Housing & Cover; UL-rated 94V0 Thermoplastic Ring Terminals - Tin Plated

Overzicht van zekeringsoorten:

Zekeringtype	Zekering	Zekeringhouder
Glazen of keramische zekeringen <ul style="list-style-type: none"> Draadzekering Tot ongeveer 60 A Tot 250 V AC of DC Snel of traag 		
Steekzekeringen (automobiel) <ul style="list-style-type: none"> Draadzekering Tot 120 A 32 V DC Langzaam 		
Midi-zekeringen <ul style="list-style-type: none"> Draadzekering 23 – 200 A 32 V DC Langzaam 		
Cooper Bussmann MRBF zekeringen <ul style="list-style-type: none"> Draadzekering 30 – 300 A 58 V DC Voor maritiem gebruik Voor beperkte ruimte. Kan recht op een DC-aansluitklem gemonteerd worden, zoals op een verdeelrail. Het vermindert ook de totale hoeveelheid benodigde kabel- en perskabelschoenen. 		
CNN-zekeringen <ul style="list-style-type: none"> Draadzekering 10 – 800 A 48 V DC, 125 V AC Snel 		
Mega zekeringen <ul style="list-style-type: none"> Draadzekering 40 - 500 A 32 V DC Langzaam 		
ANL zekeringen <ul style="list-style-type: none"> Draadzekering 35 – 750 A 32 V DC Snel 		

Zekeringtype	Zekering	Zekeringhouder
NH zekeringen <ul style="list-style-type: none"> Draadzekering Tot 1000 A 500 - 690 V DC 440 - 550 V DC Meerdere snelheden beschikbaar 		 Fuse Base  Disconnect Switch
Stroomonderbrekers (CB of MCB) <ul style="list-style-type: none"> Thermisch- en magnetisch Een variatie aan stroomsterkten Verschillende spanningen AC of DC Verschillende snelheden Monteert op DIN rail 		

4.7. DC-scheidingsschakelaar

Een accu-scheidingsschakelaar kan gebruikt worden om de accu (of accubank) te scheiden van de rest van de stroomkring. Of de scheidingsschakelaar kan gebruikt worden om een DC-bron of DC-verbruiker te scheiden van een stroomkring.

Een accu of DC-verbruiker kunnen scheiden van de stroomkring is nuttig ingeval het systeem niet gebruikt gaat worden voor een bepaalde hoeveelheid tijd of voor systeemonderhoud. Zorg er bij het selecteren van een scheidingsschakelaar steeds voor dat de scheidingsschakelaar berekend wordt op de stromen die in het systeem verwacht kunnen worden bij volledige belasting.

De regels en richtlijnen voor accu-scheiden variëren in verschillende landen, maar het wordt aanbevolen om, als accu-scheiding nodig is, alleen de positieve accukabel te scheiden.

Het kan zelfs nodig zijn een scheidingsschakelaar toe te voegen. Een DC-systeem moet steeds een hoofdzekering bevatten. Het verwijderen van de zekering verbreekt ook de stroomkring. Dus als het systeem onderhouden moet worden of als de accu vervangen moet worden, dan is het verwijderen van de hoofdzekering voldoende om de accu los te koppelen van de rest van het systeem.

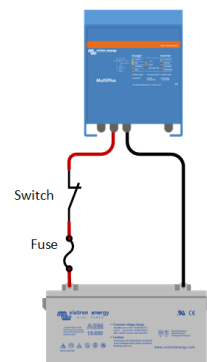
Gebruik altijd scheidingsschakelaars van goede kwaliteit. De scheidingsschakelaar draagt bij aan de weerstand in de stroomkring. Een scheidingsschakelaar van lage kwaliteit heeft meer weerstand, dit kan potentieel het spanningsverlies verhogen en veroorzaakt systeemproblemen.

Scheidingsschakelaar worden berekend voor een bepaalde spanning en een voortdurende stroom (zorg ervoor dat het DC-stroom is) en worden vaak ook berekend voor een stroom van 5 minuten en enkele seconden piekstroom.

Sommige scheidingsschakelaars zijn niet ontworpen om stroom te verbreken (vooral DC-stroom) en bepaalde accuschakelaars kunnen niet schakelen onder belasting. Raadpleeg de technische specificaties van de scheidingsschakelaar.

Soorten scheidingsschakelaar:

- Accu-scheidingsschakelaar voor mobiele systemen (gewoonlijk 12 en 24 V). Houd er rekening mee dat de Victron Energy [accuschakelaar AAN/UIT 275 A](#) 12, 24 en 48 V kan schakelen en kan ook schakelen onder belasting.
- DIN-gemonteerde stroomonderbrekers, voor landsystemen voor accu en PV (gewoonlijk 48 V en hoger).
- NH-zekeringhouder voor hoge stroom landsystemen voor accu en PV (gewoonlijk 48 V en hoger).



*Victron Energy accuschakelaar
AAN/UIT 275 A.*

Hoge stroom DC MCB.

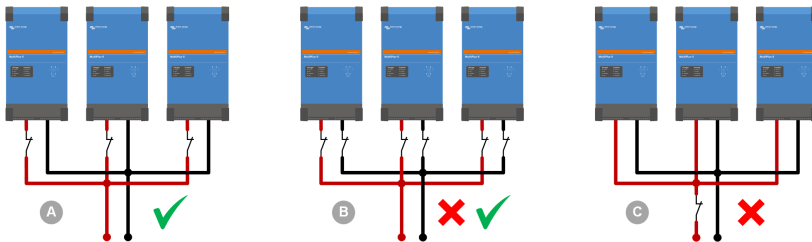
*NH-zekeringhouders kunnen gebruikt
worden als een stroomonderbreker.*

Systemen met meerdere omvormers of omvormer/acculaders

Elke eenheid moet individueel van een zekering voorzien zijn. Zorg ervoor dat hetzelfde type zekering gebruikt wordt voor elke individuele eenheid. Dit is om ervoor te zorgen dat elk DC pad dezelfde weerstand heeft..

Gebruik niet één grote stroomonderbreker of zekering die het hele systeem schakelt. De reden waarom is dat een kortsluiting (of een andere storing) in een enkele omvormer/acculader (bijna) nooit een weerstand heeft die laag genoeg is om de grote enkelvoudige zekering te laten doorbranden of onderbreken. Als die zekering niet doorbrandt, dan blijft de stroom lopen op een niveau dat te hoog is voor de interne of externe omvormer/acculaderbedrading.

Bij voorkeur (niet verplicht) is er een ononderbroken negatieve DC-aansluiting in het systeem en is alleen de positieve DC-aansluiting van elke omvormer/lader geschakeld, beveiligd of gezekeerd. De reden waarom is dat het zeer lastig kan zijn problemen in een systeem op te lossen als er een losse aansluiting in het DC-negatieve pad is, vooral in systemen die bestaan uit meerdere eenheden (parallel-, gesplit-, 3-fasen). Houd er rekening mee dat een ononderbroken negatieve aansluiting geen vereiste is daar bepaalde installaties kunnen vereisen dat de DC-negatief beschermd wordt met een zekering of stroomonderbreker.



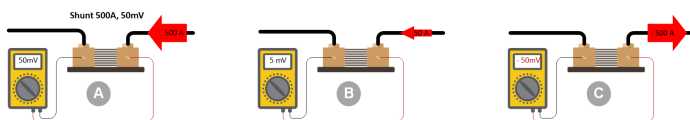
- A. De positieve DCvoeding van elke eenheid wordt individueel geschakeld.
- B. De positieve en negatieve DC-voeding van elke eenheid wordt individueel geschakeld.
- C. De hoofdvoeding van alle eenheden wordt als geheel geschakeld. Houd er rekening mee dat dit niet aanbevolen wordt!

4.8. DC-shunt

Een shunt wordt aan een systeem toegevoegd om stroom te meten. Dit is nodig voor systeembewaking of om de acculaadstatus te berekenen.

Een shunt is een weerstand element. Als er stroom doorheen gaat, dan ontstaat er een klein spanningsverlies voor over de shunt. Als de stroom klein is, dan is de spanning laag, en als de stroom groot is, dan is de spanning hoger. Als de stroomrichting omkeert, wijzigt het spanningsverlies van polariteit. De spanning van de shunt is een indicatie van de hoeveelheid stroom en de richting van de stroom. Deze informatie kan worden gebruikt om te achterhalen hoeveel stroom er in een systeem loopt of om de laadtoestand van de accu te berekenen.

Een shunt heeft een stroomsterkte en een spanning, bijvoorbeeld 500 A, 50 mV. Dit betekent dat, als een 500 A stroom door de shunt gaat, er een 50 mV (= 0,05 V) spanningsverlies over de shunt is.



- A. Een grote stroom gaat door een shunt.
- B. Minder stroom gaat door een shunt.
- C. Retourstroom die door een shunt gaat.

De shunt moet berekend worden op de maximale DC-stroom die kan lopen naar alle verbruikers in het systeem.

Voorbeeld: Een omvormer is aangesloten op een accu. De maximale stroom wordt de piekwaarde van de omvormer. Een 3000 VA omvormer heeft een piekstroom van 6000 W, dit is, bij 12 V een 500 A stroom.



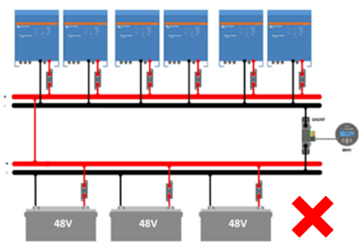
- A. 500 A BMV shunt.
- B. 2000 A SmartShunt.
- C. 6000 A-shunt.

De Victron SmartShunt is beschikbaar met een 500 A, 1000 A of 2000 A 50 mV shunt. De Victron BMV accubewaker wordt verstuurd met een 500 A, 50 mV shunt. Indien deze shunt niet groot genoeg is, moet u een grotere shunt toevoegen. Victron 50 mV shunts zijn beschikbaar in 500, 1000, 2000 en 6000 A. Als u een shunt met een andere spanning of stroomsterkte gebruikt, moet u de shuntparameters wijzigen in de instellingen van de BMV accumonitor.

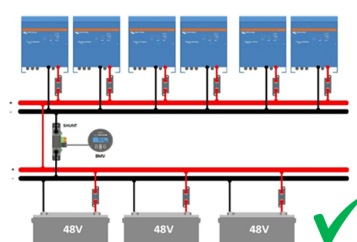
De shunt bevindt zich meestal in de negatieve kabel. De negatieve wordt gekozen omdat het veiliger is. De shunt moet het laatste apparaat zijn vóór de accubank of accubankverdeelrail. Alle DC-verbruikers en DC-voedingen moeten na de shunt aangesloten worden. Kijk aan de rechterkant hoe de shunt in een systeem aan te sluiten. Shunts kunnen ook op een andere plaats in een systeem geplaatst worden, bijvoorbeeld: om een DC-verbruiker of een DC-voeding te meten. Deze shunts worden meestal aangesloten op een stroommeter.



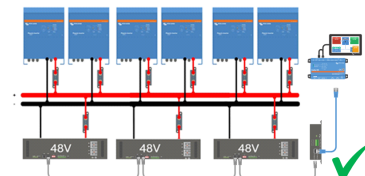
Let op, verkeerde plaatsing van de shunt kan potentieel een probleem veroorzaken in het systeem, afhankelijk van hoe de shunt aangesloten is. Dit is vooral het geval in zeer grote systemen waar er een lang pad is tussen de accu en de omvormer/acculaders. Bij het omvormen "ziet" de omvormer/acculader dichtbij de shunt een lagere DC-ivoeding dan de eenheden die ver weg van de shunt liggen. Bij het laden "zien" de accu's dichtbij de shunt een lagere DC-ingangsspanning dan als de accu's verder weg van de shunt liggen. Zie de onderstaande afbeeldingen. Om dit te herstellen, plaats de shunt uit de buurt van de positieve kabel (niet ideaal). Of overweeg helemaal geen shunt te gebruiken maar gebruik Smart Batteries die in plaats hiervan hun eigen laadstatus geven.



De shunt is verkeerd geplaatst.



De shunt is juist geplaatst.



Er worden Smart Batteries gebruikt en er is geen shunt nodig

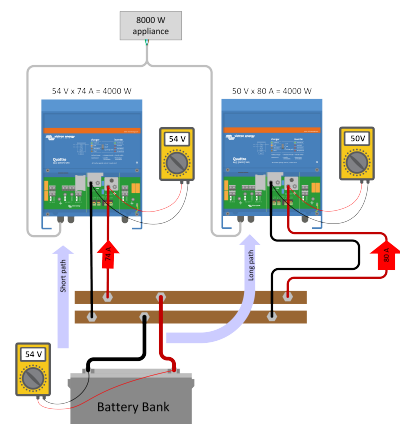
4.9. Parallel en/of 3-fasen systeem DC-bedrading

Een grote omvormer/acculader of een 3-fasen omvormer/acculader kan gemaakt worden door meerdere omvormer/acculaders samen aan te sluiten. Deze eenheden communiceren met elkaar en, samen, worden ze één grote omvormer/acculader. Ze moeten allemaal aangesloten worden op dezelfde accubank. Bij het aansluiten van een installatie als deze zijn er enkele belangrijke overwegingen met betrekking tot de accukabels.

Voor juiste werking is het essentieel dat elke eenheid exact dezelfde spanningen ontvangt. Om dit te waarborgen moet het DC-pad van de accubank naar elke individuele eenheid, of van de verdeelrail naar elke individuele eenheid exact hetzelfde zijn.

Als er een verschil in het kernoppervlak of de kabellengte is tussen de individuele eenheden, dan is er een verschil tussen de spanningen van deze eenheden.

Verschillende spanningen betekent verschillende stromen. De eenheid met een lagere spanning heeft een hogere stroom die door de vermogenelektronica loopt. Omvormer/acculader "Overload" wordt gestart door de grootte van deze stroom. Dus hoewel het vermogen, dat elke omvormer levert, hetzelfde is, heeft de eenheid met de lagere spanning een grotere stroom die erdoor loopt en in "Overload" gaat voordat de andere eenheden het doen. Het totaal omvormervermogen van het systeem is nu minder omdat als één eenheid in "Overload" gaat, het hele systeem stopt met werken. De eenheid met slechte bedrading bepaalt de prestatie van het hele systeem.

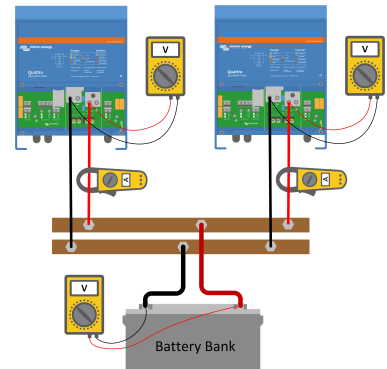


Om een gebalanceerd systeem te bereiken, moet u hetzelfde kabeltype, kernoppervlak en kabellengte voor elke eenheid van de accubank of van de verdeelrails gebruiken. Zorg er ook voor dat alle perskabelschoenen identiek zijn en dat alle aansluitingen vastgedraaid zijn met hetzelfde aanhaalmoment. Overweeg het gebruik van verdeelrails tussen de accubank en de omvormer/acculaders.

Overweeg, bij het plaatsen van zekeringen in de installatie, het gebruik van maar één DC-zekering per fase. Als een grote enkelvoudige zekering niet beschikbaar is, gebruik dan één zekering per eenheid, maar zorg ervoor dat al deze zekeringen exact hetzelfde zijn.

Volg deze stappen om te controleren of een systeem juist is aangesloten of om problemen rond bedrading op te lossen:

- Belast het systeem met maximale belasting.
- Stroomklem op de DC-draden op elke eenheid.
- Vergelijk de stroomaflezingsen, elke eenheid moet gelijkwaardige DC-stromen hebben.



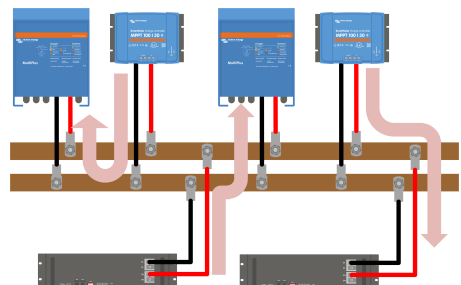
Alternatief kunt u de spanning op de verdeelrail of accubank meten en vergelijk dit met de spanningen die u meet bij de accuklemmen van elke eenheid. Al deze spanningsaflezingsen moeten identiek zijn.

Raadpleeg voor meer info over parallel en 3-fasen systemen deze link: https://www.victronenergy.com/live/ve.bus:manual_parallel_and_three_phase_systems.

4.10. Grote systemen verdeelrails

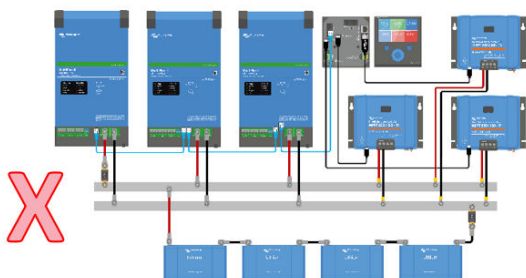
Grote installaties bestaan meestal uit meerdere DC-verbruikers en DC-bronnen. Zoals meerdere accu's, meerdere omvormer/acculaders en meerdere PV-laders. Ze worden allemaal aangesloten op een centrale verdeelrail. Bij het aansluiten van deze installaties moeten bijzondere overwegingen gemaakt worden.

In deze systemen moet u verdeelrails gebruiken, maar zelfs dan is het van belang hoe alle apparatuur aangesloten is met de verdeelrail en in welke volgorde. Het is belangrijk om de omvormer/laders en de zonnepanelen afwisselend op de verdeelrails aan te sluiten. De reden is dat dit de stroom door de verdeelrails vermindert. Om het eenvoudig te stellen kan de stroom die vanuit een PV-lader naar de verdeelrail gaat via een kort pad rechtstreeks naar de omvormer of in een accu gaan. Deze stroom hoeft niet door de volledige verdeelrail te lopen. Het houdt het lokale "verkeer" laag.

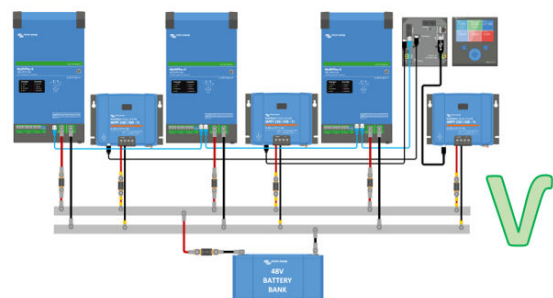


Stroom via de verdeelrail.

Zorg ervoor bij het aansluiten dat alle omvormer/acculaders dezelfde kabellengte hebben. De PV-laders moeten ook ongeveer dezelfde kabellengte hebben. En hetzelfde voor de accu's.

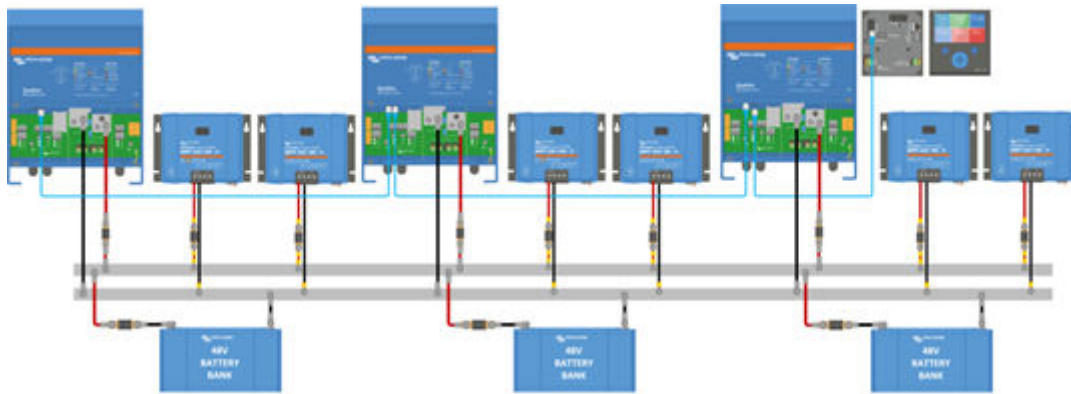


Houd niet alle omvormer/acculaders aan één kant en de PV-laders aan de andere kant.



Meng onderling de omvormer/acculaders en de PV-laders.

Als het systeem maar één accubank heeft, dan moet u de accubank in het midden van de verdeelrails aansluiten. Maar in het geval van meerdere parallel accubanken of smart batteries, moeten ze ook gelijk verdeeld worden langs de verdeelrails.



Als het systeem individuele accu's heeft, meng deze dan ook onderling met de omvormer/acculaders en de PV-laders.

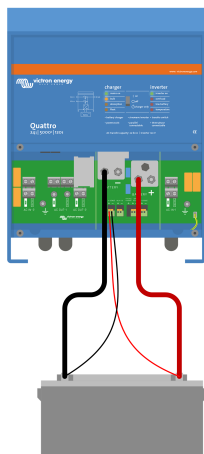
4.11. Spanningssensor en compensatie

Spanningssensor is een acculader functie. Het werkt door het verschil te meten tussen de spanning in de eenheid en de spanning op de accuklemmen. Zodra een verschil gedetecteerd wordt, wordt de laadspanning verhoogd om te compenseren voor kabelverliezen tijdens het laden. Dit zorgt ervoor dat de accu's steeds geladen worden met de juiste spanning. Deze functie compenseert over het algemeen alleen voor spanningsverliezen tot 1 V. Als de verliezen in het systeem groter zijn dan 1 V (i.e. 1 V over de positieve aansluiting en 1 V over de negatieve aansluiting), verlagen de acculader, PV-lader, of omvormer/acculader de laadspanning op zo'n manier dat het spanningsverlies beperkt blijft tot 1 V. De reden hierachter is dat als de verliezen groter zijn dan 1 V, de accukabels te dun zijn en geen grote stroom kunnen doorvoeren en daarom moet de laadstroom verminderd worden.

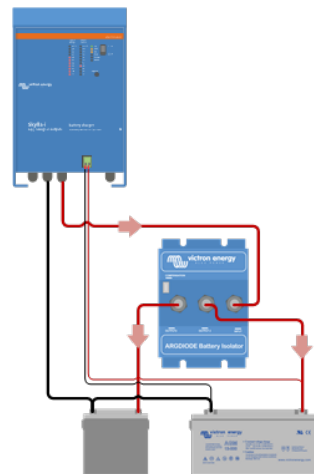
De spanningssensor kan ook gebruikt worden om te compenseren voor spanningsverlies als er diodesplitters gebruikt worden. Een diodesplitter heeft een 0,3 V spanningsverlies over de diode.

Bepaalde Victron-producten, zoals een omvormer/acculader of grote laders, hebben een ingebouwde spanningssensor. Voor andere producten, zoals PV-laders en Smart Battery laders moet u een Smart Battery Sense toevoegen.

Als het product een spanningssensor (V-sense) klem heeft, dan kunnen twee draden aangesloten worden van de V-sense klem rechtstreeks naar de positieve en negatieve klemmen van de accu. Gebruik een kabel met een doorsnede van 0,75 mm².



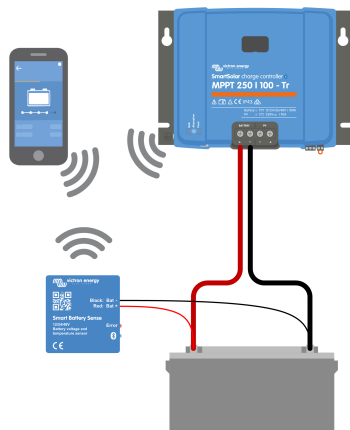
Spanningssensor omvormer/acculader



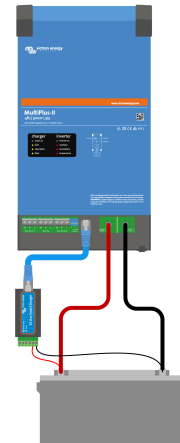
Grote lader met spanningssensor en diodesplitter

Als een omvormer/acculader uitgerust is met een VE.Bus Smart dongle, dan is er geen noodzaak voor spanningssensor omdat de dongle zorg draagt voor spanningswaarneming. Raadpleeg voor meer informatie over de VE.Bus Smart dongle deze link: <https://www.victronenergy.nl/accessories/ve-bus-smart-dongle>.

Sluit, bij een PV-lader of een Smart lader, een Smart Battery Sense aan op accu en stel Smart Networking in via de VictronConnect-app. Raadpleeg voor meer informatie over de Smart Battery Sense deze link: <https://www.victronenergy.nl/accessories/smart-battery-sense>.



Smart Battery Sense



VE.Bus Smart-dongle

Spanningssensor in een Energy Storage System (ESS) met een DC PV-lader

In een ESS-systeem (Energy Storage System) dat alleen DC PV-laders bevat (zonder netvoeding omvormers) wordt de lader van de omvormer/acculader uitgeschakeld. Dit omdat de PV-lader de accu laadt en te veel PV-vermogen wordt teruggeleverd in het net. Dit proces wordt geregeld door het GX-apparaat. Om dit te laten werken, stelt het GX-apparaat de PV-lader op een hogere DC-spanning dan de DC-spanning van de omvormer/acculader.

Als de accu bijna vol is, is de accuspanning iets hoger dan de DC-spanning van de omvormer/acculader. Dit is het "signaal" voor de omvormer/acculader om de "te hoge spanning" te verminderen. Het doet dit door vermogen terug te leveren aan het net. In een 48 V-systeem is deze te hoge spanning ingesteld op 0,4 V en in een 24 V-systeem is dit 0,2 V.

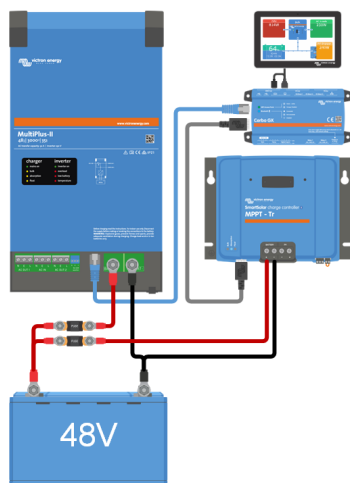
Om dit proces goed te laten werken, is het essentieel dat de accu de juiste spanning ontvangt van de PV-lader. Bijzondere zorg is noodzakelijk voor ontwerp en plaatsing van de DC-bekabeling, zekeringen en aansluitingen omdat ze potentieel een spanningsverlies in het systeem kunnen veroorzaken.

Een spanningsverlies kan de "te hoge spanning", die de omvormer/acculader nodig heeft, verminderen voordat het vermogen in het net terug kan leveren.

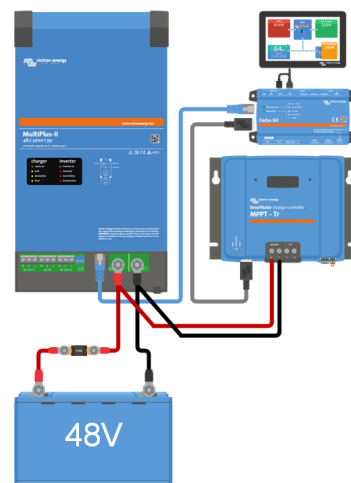
Voorbeeld van een ESS-systeem met een 100 A PV-lader, twee 1-meter 35 mm² kabels en een 150 A zekering:

- De weerstand van de aansluitingen bedraagt 0,35 mΩ.
- De weerstand van een 150 A zekering is 0,35 mΩ.
- De weerstand van een 2 m kabel is 1,08 mΩ.
- De totale weerstand is 1,78 mΩ.
- Het spanningsverlies bij 100 A is 178 mV

De oplossing is om een PV-lader te gebruiken met automatische spanningsverliescompensatie (spanningswaarneming). Het resultaat is dat de uitgangsspanning van de PV-lader licht verhoogt bij een grotere stroom. Maar als de PV-lader geen spanningswaarneming heeft, dan is het beste om de PV-lader rechtstreeks aan te sluiten op de omvormer/acculader.



ESS-systeem met een PV-lader aangesloten op de accu.



ESS-systeem met een PV-lader aangesloten op de accu.

4.12. PV panelen

PV-panelen mogen niet rechtstreeks op een accu worden aangesloten.. Tussen de zonnepanelen en de accu's moet een PV-lader geplaatst worden. De PV-lader vormt de hogere PV-paneelspanning om tot een spanning die geschikt is voor acculaden. Als een PV-paneel rechtstreeks aangesloten is op een accu dan wordt de accu beschadigd.

Veiligheid:

Afhankelijk van lokale voorschriften moet een zekering, stroomonderbreker, of aardlekbeveiliging wellicht geïnstalleerd worden tussen de PV-reeks en de PV-lader.

MC4-connectoren

Om PV-panelen aan te sluiten op een PV-lader is het PV-paneel in de meeste gevallen uitgerust met speciale waterdichte aansluitingen, gewoonlijk zijn dit MC4-connectoren. Deze connectoren zijn er in 2 variaties, een mannelijke aansluiting en een vrouwelijke aansluiting.

De mannelijke connector wordt aangesloten op de positieve kabel die van het PV paneel komt en de vrouwelijke connector op de negatieve kabel.

Als de PV-kabels niet lang genoeg zijn, dan moet een verlengkabel gebruikt worden. De verlengkabel is vaak voormonteed met MC4-connectoren. Een PV-kabel is uitgerust met een mannelijke aansluiting aan één uiteinde en een vrouwelijke aansluiting aan het andere uiteinde. Op deze manier:

MC4-connectoren kunnen aangesloten worden op 4 mm² of 6 mm² PV-kabels.



PV-kabel. Aan de linkerkant is de mannelijke MC4-connector en aan de rechterkant is de vrouwelijke MC4-connector.

Soorten PV-kabel:

Een PV-kabel is een speciale kabel. Het is een zeer sterke kabel en is ontworpen voor buitengebruik in PV-paneelinstallaties. De kabel is stof-, leeftijd- en UV-bestendig en heeft vertinde koperen draden.

Een PV-kabel voor kleine PV-reeksen, zoals voor Automobiel of maritieme toepassingen, is vaak een kabel met dubbele kern. Opnieuw geldt hetzelfde voor deze installaties, de kabel moet UV-bestendig zijn en moet vertinde koperen draden hebben.



Een PV-kabel voor kleine PV-reeksen, zoals voor Automobiel of maritieme toepassingen, is vaak een kabel met dubbele kern. Opnieuw geldt hetzelfde voor deze installaties, de kabel moet UV-bestendig zijn en moet vertinde koperen draden hebben.

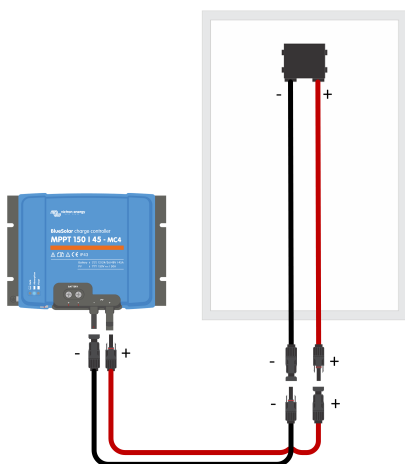


Kabeldikte:

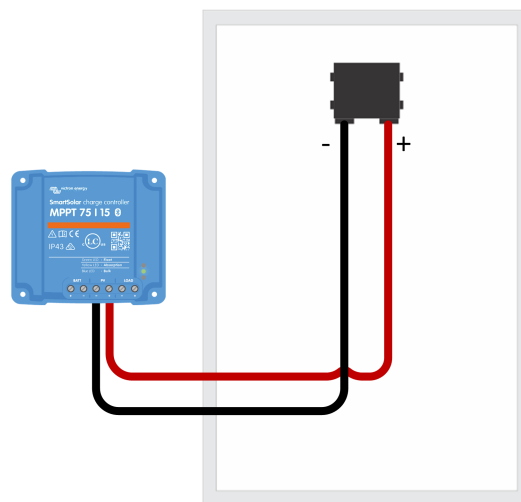
De kerndoorsnede van de PV-kabel hangt af van de grootte van de PV-reeks en welke spanning die heeft. Dit bepaalt de stroom en dit bepaalt de kerndoorsnede. Raadpleeg hoofdstuk [Kabelselectie \[22\]](#) voor meer informatie hierover.

Aansluiten op een PV-paneel:

PV-laders worden verkocht in twee modellen, met ofwel MC4-connectoren of met schroefaansluitingen aan de PV-kant. Dit is hoe ze aan te sluiten op een PV-paneel zoals gezien van de achterzijde van het PV-paneel:

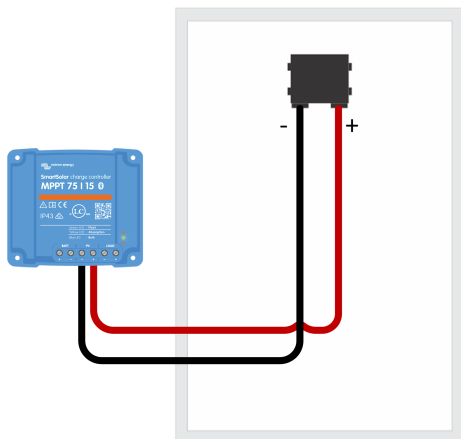


PV-lader met MC4-connectoren.



PV-lader met schroefaansluitingen.

In bepaalde omstandigheden heeft het PV-paneel geen kabels aangesloten. U moet deze dan zelf aansluiten. Om dit te doen, open de aansluitdoos aan de achterkant van het PV-paneel en sluit de kabels daar aan. U kunt ofwel PV-kabels gebruiken met of zonder MC 4-connectoren. Als u het PV-paneel rechtstreeks op de PV-lader aansluit, dan ziet de installatie er zo uit:



Een PV-lader aansluiten op een PV-paneel zonder MC4-connectoren te gebruiken.



PV-paneel aansluitdoos.

PV-reeksen:

In veel PV-installaties is één PV-paneel niet voldoende. Als dit het geval is, dan moet een PV-reeks gemaakt worden. Een PV-reeks bestaat uit meerdere PV-panelen die samen verbonden worden.

Als u PV-panelen in serie aansluit, dan verhoogt de spanning en als u ze parallel geschakeld verbindt, dan stijgt de stroom. Hetzelfde is het geval bij het maken van een accubank met individuele accu's.

MC4 splitters:

Gebruik, om parallel geschakelde aansluitingen makkelijk te maken, MC4 PV-splitters. Er zijn twee soorten:



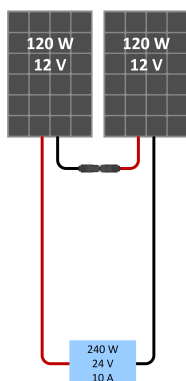
MC4-Y - 1 mannelijke en twee vrouwelijke.



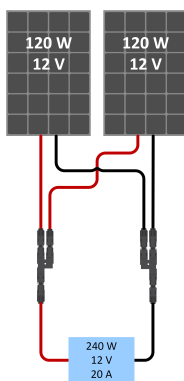
MC4-Y - 1 vrouwelijke en 2 mannelijke.

Aansluit voorbeelden PV-reeks

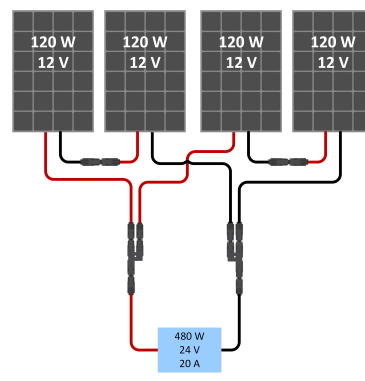
Enkele aansluit voorbeelden van PV-reeks in serie aangesloten, parallel aangesloten en serie/parallel aangesloten met MC4-splitters.



Serie PV-reeks.



Parallel PV-reeks.



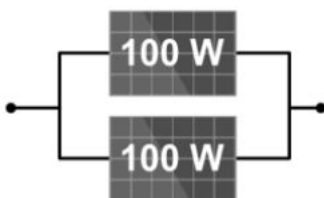
Serie/parallel PV-reeks.

Totaal vermogen PV-reeks

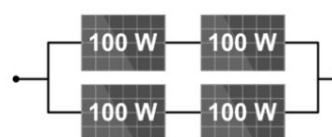
Om het totaal vermogen van een PV-reeks te bepalen, moet u eenvoudigweg het vermogen van elke module toevoegen, ongeacht of ze parallel geschakeld of in serie aangesloten zijn:



200 W PV-reeks.



200 W PV-reeks.



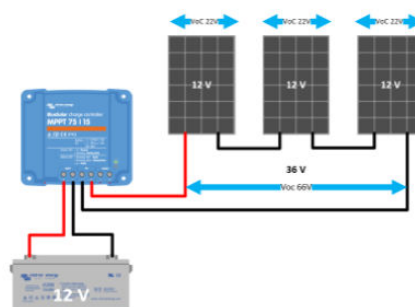
400 W PV-reeks.

Totale spanning PV-reeks:

Bij het ontwerpen van een PV-reeks moet u ervoor zorgen dat de open circuitspanning van de reeks (Voc) de maximale spanning van de MPPT niet overschrijdt. Voor wat extra informatie over het ontwerpen van een PV-reeks:

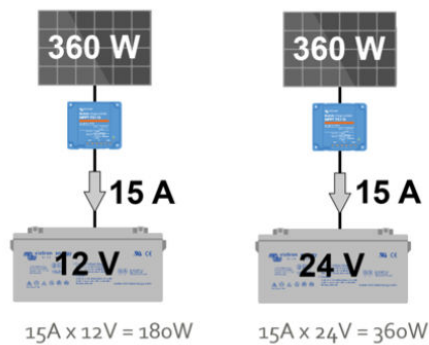
Een voorbeeld van reeksspanning als panelen in serie aangesloten zijn:

Als u naar de specificaties kijkt van een 12 V PV-paneel, dan merkt u dat de Voc rond 22 V ligt. Voor een 75/15 MPPT PV-lader kan de PV-spanning zo hoog liggen als 75 V. Hiermee kunt u tot 3 x 12 V panelen in serie schakelen.



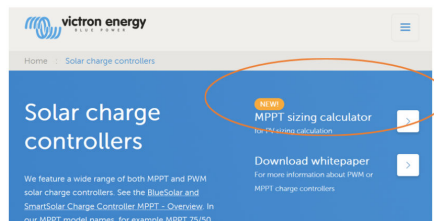
Opmerking over MPPT-laadstroom bij verschillende accuspanningen:

Voorbeeld: Voor een 75/15 MPPT PV-lader bedraagt de stroomsterkte 15 A. Dit is de stroom die in de accu gaat. Dit betekent dat u met een 12 V-accu minder vermogen in de accu krijgt dan met een 24 V-accu.



Om u te helpen een PV-reeks te ontwerpen en te laten overeenkomen met de juiste PV-lader:

Gebruik de Victron MPPT Calculator, zie hier: <https://www.victronenergy.com/mppt-calculator>.



5. Communicatiebedrading

Apparatuur in moderne systemen moet kunnen communiceren, ofwel met elkaar of met een besturings of bewakingsapparaat. Om communicatie mogelijk te maken, zijn communicatiekabels nodig. Ze sturen informatie van één onderdeel van apparatuur naar een ander onderdeel van apparatuur. Vaak gaat het hier om bedrijfsessentiële communicatie. Als er een storing op de kabel zit, stopt de communicatie, en het systeem stopt met werken.

Enkele voorbeelden van communicatiekabels, gebruikt in omvormer/acculader-systemen:

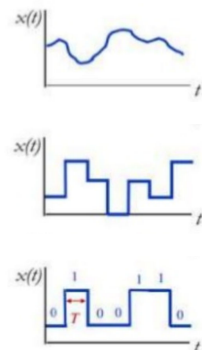
- Communicatiekabels tussen meerdere omvormers of omvormer/acculader eenheden om een parallel geschakeld en/of 3-fasen systeem te maken.
- Communicatiekabels om apparatuur te besturen, bijvoorbeeld tussen een PV-lader en de Color Control GX of een andere GX-apparaat.
- Communicatie tussen een meetapparaat en een bewakingsapparaat, zoals de BMV shunt en de BMV hoofdeenheid, of tussen een temperatuursensor en een omvormer/acculader.
- Internet of netwerkkabels.
- Twee draadsignaal of besturingskabels, bijvoorbeeld tussen een alarmrelais en een aggregaat auto start, een auto-startschakelaar en een DC/DC omvormer, of tussen een BMS en een BatteryProtect.

5.1. Datasignalen

Een datasignaal is een signaal dat constant wijzigt, in lijn met de informatie dat het verzendt. Het kan analoog of digitaal zijn. De signalen in communicatiekabels kunnen één van deze soorten zijn. Deze signalen hebben een lage spanning en stroom. Vaak niet meer dan 5 V.

De verschillende signaalsoorten:

- **Analoog signaal:** De spanning kan elke waarde hebben en er is een rechtstreekse correlatie tussen spanning en waarde.
- **Digitaal signaal:** De spanning van het signaal is beperkt tot een eindige verzameling van spanningen.
- **Binair signaal:** Er zijn maar twee spanningen. Het signaal vertegenwoordigt een aan/uit-conditie of wordt gebruikt om gegevens te verzenden door reeksen enen en nullen te verzenden.



5.2. Storing

Zoals met alle bekabeling is het belangrijk dat de communicatiekabels van goede kwaliteit zijn. Hun aansluitingen moeten ook van goede kwaliteit zijn en dat ze opjuiste manier op de kabel gekrompen zijn. Het is ook van belang hoe goed de aansluiting op het ontvangende contact is.

Communicatiekabels voeren laagspanningssignalen met een lage stroom. Als deze signalen over een afstand worden overgedragen, kan er natuurlijk een spanningsval optreden, maar dat is niet zo gebruikelijk omdat deze signalen slechts een zeer lage stroom dragen. Een spanningsverlies is normaal geen probleem tenzij de kabels zeer lang zijn.

Een ander aspect is echter van cruciaal belang voor communicatiekabels als lage spanningssignalen over een grote afstand verzonden worden en dat is storing.

De verschillende storingssoorten en waardoor ze veroorzaakt worden:

- Elektromagnetische storing - van aggregaten, transformatoren, elektromotoren en messchakelaars.
- Storing radiofrequentie - van radio uitzendende bronnen, radar en slecht afgeschermd apparatuur.
- Elektrostatische storing - van statische elektriciteit.
- Overspraak-storing – storing van dichtbijgelegen kabels.
- Aarding-storing – veroorzaakt door stroom die loopt tussen aarding met verschillende potentiaal in één systeem.

In de eerste 4 gevallen werkt de kabel als antenne en ontvangt het deze storing. De storing wekt extra elektriciteit op in de communicatiekabels. Dit wijzigt de spanning van het signaal resulterend in een wijziging van de gegevens die verzonden worden en veroorzaakt verwarrende of verbroken communicatie.

In echt slechte gevallen, als er veel storing of een aardingsprobleem is, dan kunnen de spanningen in de kabel zo hoog worden dat het schade berokkent aan het communicatie circuit in de apparatuur die aangesloten is met de communicatiekabel.

Er zijn manieren om storingen te beperken of te voorkomen, dit zijn:

- Houd kabels kort.
- Gebruik kabels met gedraaide paren.
- Gebruik afgeschermd kabels.

Niet-afgeschermd en niet-gedraaide paren:

Deze kabels zijn erg vatbaar voor storing. En daarom hebben ze een lengte beperking. Dit is ongeveer 10 meter. Dit is waarom we nooit VE.Direct kabels die langer dan 10 meter zijn verkopen. De VE.Direct kabel is niet-afgeschermd en niet-gedraaid.



Niet-afgeschermd niet-gedraaid.

Gedraaide paren kabels:

Twee geleiders van een enkelvoudig circuit zijn samen gedraaid. Dit verbetert de onderdrukking van elektromagnetische interferentie en maakt de kabel minder gevoelig voor overspraak van naburige kabels.



Niet-afgeschermd gedraaide paren.

Kabelafscherming:

Een metalen folie of gevlochten afscherming bedekt een groep kabels of kan zelfs gedraaide paren bedekken.



Folie-afscherming



Gevlochten afscherming



Multi-afscherming

5.3. Soorten communicatiekabel

Deze paragraaf bevat een korte selectie algemeen gebruikte soorten communicatiekabel, zoals gebruikt in omvormer/acculader-systemen.

Soorten communicatiekabel:

RJ45 rechte UTP-kabel:

Deze kabel wordt gebruikt voor computernetwerken, internet en ethernet, maar wordt ook gebruikt voor omvormer/acculaders om met elkaar te communiceren en met een besturingssproduct, zoals het Multi Control Panel of een GX-apparaat.

Deze kabel heeft 8 geleiders. In een rechte kabel pen 1 aan één zijde sluit aan op pen 1 aan de andere zijde, pen 2 sluit aan op pen 2 en zo verder. Let op de gedraaide paren, die moeten bij elkaar blijven. <https://www.computercablestore.com/tiaeia-568a-and-568b-wiring-color-codes>

Gebruik een kabeltester om te testen of de kabel juist aangesloten is. Victron gebruikt deze kabel voor VE.Bus en VE.Can producten. Het werd ook gebruikt voor de, nu afgekeurde, VE.Net producten.

In het verleden hadden deze kabels gewoonlijk een blauwe kleur maar kabels met meer verschillende kleuren zijn recent opgedoken. Victron produceert kabels van verschillende lengte, zoals andere fabrikanten doen. Raadpleeg voor meer informatie het volgende: <https://www.victronenergy.nl/cables/rj45-utp-cable>.

Het wordt niet aanbevolen deze kabels zelf te maken. Een slecht gekrompen aansluiting kan de oorzaak zijn van moeilijke te vinden systeemfouten.

Om een RJ45-kabel te testen, vervang eerst de kabel en kijk of het probleem weg is. Een andere bron van fouten is als de mannelijke RJ45 connector niet geheel in het vrouwelijke RJ45-stopcontact zit of als de RJ45-stopcontacten hun veerkracht verloren hebben en geen goed contact meer maken.



Let op RJ45 kruiskabels. Ze zien er uit als een gewone "rechte" RJ45 UTP-kabel, maar hebben vaak maar 2 van de 4 aderpennen (1,2 en 3,6) Ze werden gebruikt in oude computernetwerken of gebruikt door andere omvormerfabrikanten. Het kan zeer ontmoedigend zijn als één van deze kabels gebruikt wordt waar een rechte kabel gebruikt had moeten worden. Deze kabels kunnen niet gebruikt worden voor Victron-apparatuur.

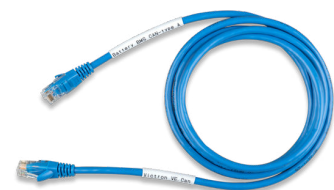
Bepaalde Victron-producten hebben alleen een enkelvoudige RJ45-aansluiting, gebruik in dat geval een RJ45 splitter. Raadpleeg voor meer informatie het volgende: <https://www.victronenergy.nl/cables/rj45-splitter>.

**RJ45 Terminator:**

Gebruikt om een keten CANbus netwerk af te sluiten. Eén terminator wordt geplaatst op het eerste apparaat in de keten en één op het laatste apparaat in de keten. Ze worden verzonden als een paar, omdat een VE.Can systeem steeds twee terminators nodig heeft. Raadpleeg voor meer informatie het volgende: <https://www.victronenergy.nl/accessories/ve-can-rj45-terminator>.

**RJ45-kabel met speciale pinout:**

Ze zien er uit als gewone "rechte" RJ45 UTP-kabels, maar ze zijn opnieuw aangesloten om een specifiek doel te dienen. Deze soorten kabels zijn er voor bijzondere toepassingen. Ze hebben vaak slechts één toepassing. In het geval van Victron worden ze gebruikt tussen een Smart Battery en een Color Control GX of ander GX-apparaat. Kabel labels zijn zeer belangrijk. Het label moet weergeven hoe de kabel intern aangesloten is. Dit betekent dat in een later stadium deze kabels niet terecht komen in een gewoon systeem, waar ze potentieel een communicatiestoring kunnen veroorzaken. Raadpleeg voor meer informatie het volgende: <https://www.victronenergy.nl/cables/ve-can-to-can-bus-bms>.

**RJ12 UTP-kabel:**

Ze worden gebruikt tussen de BMV shunt en de BMV-hoofdeenheid. Dit is een kabel met 6 geleiders. Deze kabels worden normaal gebruikt om digitale gegevens te verzenden maar de BMV gebruikt het om analoge gegevens te verzenden. De BMV wordt geleverd met één van deze kabels. Victron produceert kabels van verschillende lengtes, kies één van deze als een op maat gemaakte kabel nodig is. Gebruik alleen vooraf geproduceerde kabels, zoals met de RJ45-kabel. We bevelen niet aan dat u deze kabel zelf maakt. Al te vaak is een slecht gekrompen aansluiting de oorzaak van een moeilijk te vinden vreemd systeemgedrag. Kabels met RJ12-aansluitingen worden ook algemeen gebruikt voor telefoons. Maar in het geval van een telefoonkabel zijn niet alle 6 draden aanwezig. De telefoonkabel is ook geen gedraaide paren. Ze mogen niet gebruikt worden voor een BMV. Raadpleeg voor meer informatie het volgende: <https://www.victronenergy.nl/cables/rj12-utp-cable>.



VE.Direct-kabel:

Dit is een 4-aderige gegevenskabel. Dit is een bijzondere kabel voor het bewaken of bedienen van bepaalde Victron-producten zoals een BMV of MPPT. Raadpleeg voor meer informatie het volgende: <https://www.victronenergy.nl/cables/ve.direct.cable>.

**Signaal- of aansluitdraad:**

Dit is voornamelijk een dunne draad, gewoonlijk niet dikker dan 1,5 mm². Ze zijn beschikbaar als kabel in een variatie van kleuren en met enkelvoudige, dubbele of meervoudige geleiders. Deze kabels sturen meestal analoge signalen met een lage stroomsterkte of aan/uit-signalen.

Gebruik voor maritieme toepassingen aansluitdraad met vertinde koperen draden.

**NMEA 2000 kabels en aansluitingen:**

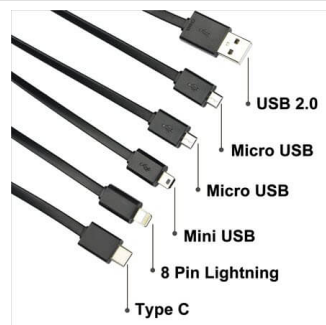
Gebruikt in maritieme CAN-bus data netwerken. Deze bekabeling bestaat uit speciale maritieme gegevenskabel en waterdichte aansluitingen, T-onderdelen en terminators. Raadpleeg Wikipedia voor meer informatie.

**RS485-kabels:**

Gebruikt voor seriële communicatie. In het geval van Victron wordt het gebruikt voor communicatie tussen energiemeters en een GX-apparaat. Raadpleeg Wikipedia voor meer informatie over RS485.

**USB-kabels:**

Verkrijgbaar in verschillende soorten. Victron gebruikt voornamelijk de type A-aansluiting. Raadpleeg Wikipedia voor meer informatie over USB.



5.4. Interfaces

Interfaces zijn kleine apparaten die een data-protocol vertalen naar een ander data-protocol. Ze zijn vaak in een kabel opgenomen of zijn te vinden aan een uiteinde van een kabel.

Enkele Victron specifieke interface voorbeelden:

MK3 naar USB interface:

De MK3 wordt gebruikt om een computer aan te sluiten op een VE.Bus-product. De MK3 heeft de MK2 interface vervangen. De MK2 kan nog steeds gebruikt worden maar het wordt niet aanbevolen. Overweeg serieus om naar een MK3 te upgraden.

Raadpleeg voor meer informatie: <https://www.victronenergy.nl/accessories/interface-mk3-usb>

**VE.Direct naar USB-interface:**

Het wordt gebruikt om een computer aan te sluiten op een VE.Direct product of gebruikt om een VE.Direct product aan te sluiten op een USB-poort van een GX-apparaat.

Raadpleeg voor meer informatie: <https://www.victronenergy.nl/accessories/ve-direct-to-usb-interface>

**RS485 naar USB interface:**

Het wordt gebruikt om een energiemeter aan te sluiten op een GX-apparaat.

Raadpleeg voor meer informatie: <https://www.victronenergy.nl/accessories/rs485-to-usb-interface>

**VE.Can naar NMEA 2000 micro-C mannelijke kabel:**

Het wordt gebruikt om een VE.Can product aan te sluiten op een NMEA 2000 netwerk.

<https://www.victronenergy.nl/accessories/ve-can-to-nmea2000-micro-c-male>



Raadpleeg, voor het volledige assortiment van Victron interfaces, de Victron accessoires productpagina op: <https://www.victronenergy.nl/accessories>.

6. AC-bedrading

Dit hoofdstuk behandelt de opwekking en distributie van AC, de dimensionering van kabels en de AC aansluitingen van omvormer/ladersystemen.

6.1. Vermogensopwekking

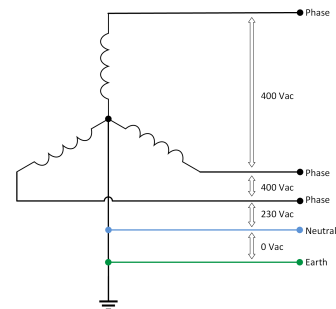
De generator in een elektriciteitscentrale wekt 3-fasen elektriciteit op.

Elk van deze 3 fasen heeft een AC spanning van 230 Volt (of een andere spanning, afhankelijk van het land). De spanning wisselt met een frequentie van 50 (of 60) Hz. En omdat de spoelen in generator draaien, is er een 120° faseverschuiving tussen elke fase.



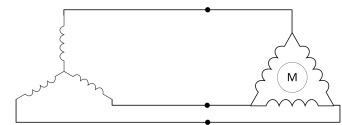
De 3 spoelen zijn met elkaar verbonden en maken een drievoudig circuit, een zogenaamde ster-instelling. Een enkelvoudige spoel (fase) heeft een potentiaal van 230 V AC. En een tweede potentiaal wordt opgewekt tussen twee spoelen. Vanwege de 120° faseverschuiving, is het potentiaal 400 V AC.

Om de fasen apart te kunnen gebruiken; wordt het gezamenlijke punt (ster punt) aangesloten op een aansluiting die "nul" genoemd wordt. Tussen nul en één van de fasen staat een spanning van 230 V AC. De nul aansluiting is een aansluiting die gebruikt kan worden door alle 3 fasen en kan gebruikt worden in 3 aparte stroomkringen.



Het ster punt werkt als eennul in een elektrische huisinstallatie. De functie van de nul aansluiting is om apart gebruik van elke fase mogelijk te maken en elke fase kan gebruikt worden als een individuele 230 V AC voeding. De nul wordt ook aangesloten op een metalen pen, die in de grond gedreven wordt, de zogenoemde aardingspen. Op deze manier staat het potentiaal van de aarding gelijk aan 0 Volt. Deze aansluiting wordt aarding genoemd.

Een 3-fasen belasting, zoals een 3-fasen elektrische motor, gebruikt elektriciteit van alle 3 fasen. De nul heeft geen functie omdat de 3 stroomkringen elkaar gebalanceerd houden. Alleen als één van de fasen meer belasting verbruikt dan de anderen, dan begint de nul stroom te geleiden. Deze stroom wordt de "compenserende of egaliserende stroom genoemd".



Bij het aansluiten van 3-fasen omvormer/acculaders moeten ze in ster aangesloten worden. Ze moeten een algemene nul hebben. Driehoek is niet toegestaan. Maar het 3-fasen omvormer/acculader systeem kan een in "driehoek" ingestelde belasting voeden.

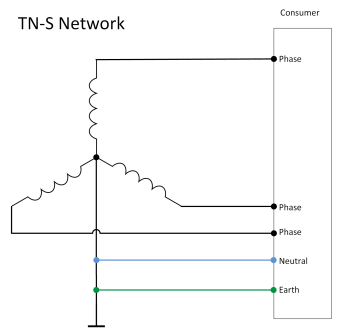
Ongelijke belasting is geen probleem als de omvormer/acculaders werken in omvormende modus, maar het kan een probleem zijn als ze werken in doorgeef-modus en zijn aangesloten op een aggregaat die niet kan omgaan met een niet-gebalanceerde belasting.

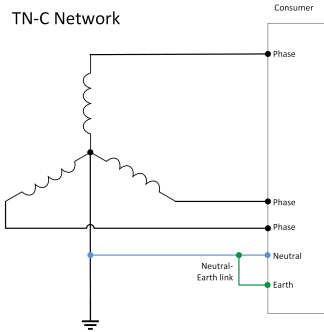
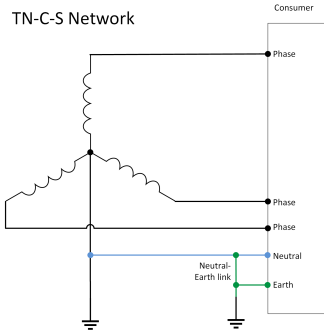
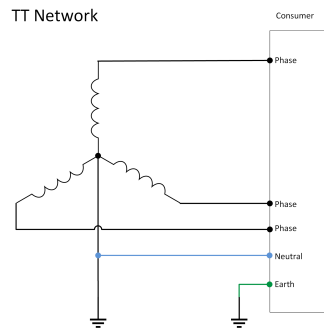
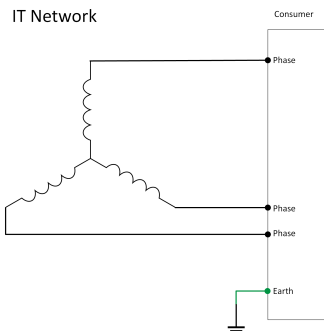
6.2. Distributie netwerken

Er zijn verschillende manieren waarin vermogen verdeeld wordt naar de gebruiker. En er zijn verschillende manieren waarop het verbruikerssysteem aangesloten is. Alle netwerken leveren de 3 fasen, maar de manier waarop nul en aarding verbonden zijn varieert per netwerktype.

TN-S netwerk

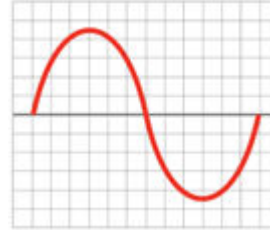
- Het aggregaat ster punt is aangesloten op nul en op aarding.
- De fasen, nul en aarde worden gedistribueerd.
- De gebruiker gebruikt de geleverde fasen, nul en aarding.
- Nul en aarding zijn niet met elkaar verbonden.



<p>TN-C Netwerk</p> <ul style="list-style-type: none"> • Het aggregaat ster punt is aangesloten op nul en op aarding. • De fasen en een gecombineerde nulgeleider-aarde worden gedistribueerd. • Deverbruiker splitst de inkomende nul en aarding (MEN link). • De verbruiker gebruikt de geleverde fasen en de nieuw gemaakte nul en aarding. 	<p>TN-C Network</p> 
<p>TN-C-S Netwerk</p> <ul style="list-style-type: none"> • Het aggregaat ster punt is aangesloten op nul en op aarding. • De fasen en een gecombineerde nulgeleider-aarde worden gedistribueerd. • Deverbruiker splitst de inkomende nul en aarding (MEN link). • De verbruiker verbindt de aarding op een aardingspen. • De verbruiker gebruikt de geleverde fasen en de nieuw gemaakte nul en aarding. 	<p>TN-C-S Network</p> 
<p>TT netwerk</p> <ul style="list-style-type: none"> • Het aggregaat ster punt is aangesloten op nul en aarding. • De fasen en nul worden gedistribueerd. • De verbruiker gebruikt de geleverde fasen en nul. • De verbruiker maakt een lokale aarding via een aardingspen. 	<p>TT Network</p> 
<p>IT netwerk</p> <ul style="list-style-type: none"> • Het aggregaat ster punt is niet aangesloten op nul en aarding. • De fasen worden gedistribueerd. • De verbruiker gebruikt de geleverde fasen. • De verbruiker maakt een lokale aardingsverbinding. 	<p>IT Network</p> 

6.3. Stroom, VA en Watt

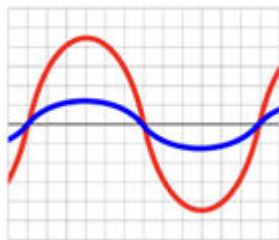
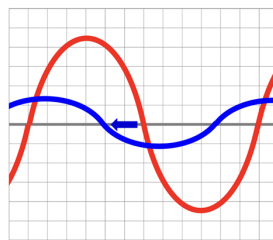
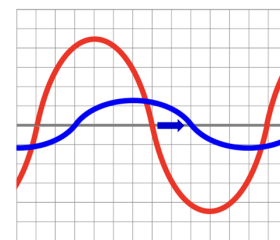
Om zekeringen, bedradingsgrootte of omvormergrootte juist te kunnen berekenen, moet u weten hoe groot de stroom in het AC circuit is. Om de stroom juist te kunnen berekenen is er één aspect van AC-vermogen dat uitgelegd moet worden, namelijk Watt en VA. Zoals eerder uitgelegd is AC-vermogen wisselend vermogen. Zowel de spanning als de stroom hebben geen constante waarde zoals DC, maar ze wisselen van positief naar negatief, naar positief en zo verder. Dit gebeurt 50 maal per seconde voor in een 50 Hz-systeem en 60 maal per seconde in een 60 Hz-systeem. De golfvorm is een sinusgolf.

*DC-spanning**AC-spanning*

Niet alleen de spanning wisselt in een AC-circuit, de stroom wisselt ook. In een weerstandssysteem wisselen ze gelijktijdig. Als het systeem echter inductieve of capacitieve belastingen bevat, kan de stroom sinus achterlopen op de spannings sinus, of voorlopen op de spannings sinus. De drie verschillende soorten van belastingen zijn:

- Weerstand belastingen zijn belastingen met weerstand elementen zoals: verwarming, gloeilampen, broodroosters, haardrogers enzovoort.
- Inductieve belastingen zijn belastingen met spoelen, zoals elektromotoren of transformatoren. Voorbeelden zijn: koelkasten, compressors, airconditioners, TL lampen.
- Capacitieve belastingen zijn belastingen die condensatoren bevatten, voorbeelden zijn condensatorbanken, startmotoren, acculaders, UPS-apparaten.

Onderstaande afbeeldingen tonen het gedrag van de spanning (rood) en stroom (blauw) in een AC-circuit met verschillende soorten belastingen:

*Weerstand belasting**Inductieve belastingen - passief**Capacitieve belastingen - reactief*

Watt is het echte vermogen, afgenomen door het apparaat. Het vermogen in Watt bepaalt de werkelijke stroom die wordt afgenomen van het elektriciteitsbedrijf, de diesel die wordt verbruikt door een aggregaat of de warmtebelasting die wordt opgewekt door de apparatuur.

VA is het "schijnbare vermogen" en is het product van de spanning maal de stroom, afgenomen door het apparaat. De VA-waarde wordt gebruikt voor de bepaling van de grootte van bedrading, stroomonderbrekers, omvormers of aggregaat.

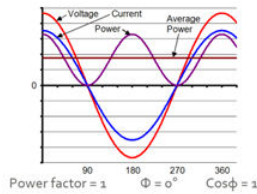
In een puur weerstand biedend AC-circuit zijn spannings- en stroomgolven in harmonie (of in fase) met elkaar. Om stroom te berekenen kan deze formule gebruikt worden:

$$\text{Stroom} = \text{Vermogen} / \text{Spanning}$$

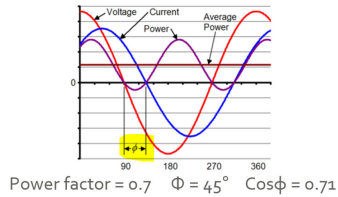
$$I = P / U$$

De arbeidsfactor is 1 in een zuiver weerstandssysteem. Als een AC-circuit belastingen bevat zoals inductoren of condensators, dan komt er een faseverschuiving voor tussen de stroom- en spanningsgolven. Deze beide golven zijn niet langer in harmonie (in fase).

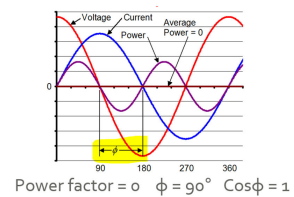
Kijkend naar de golven, als u het vermogen berekent, dan zult u merken dat het Echte vermogen (W) minder is dan het schijnbare vermogen (VA).



Vermogensfactor = 1



Vermogensfactor = 0.7



Vermogensfactor = 0

Als de vermogensfactor bekend is, kan het schijnbare vermogen berekend worden.

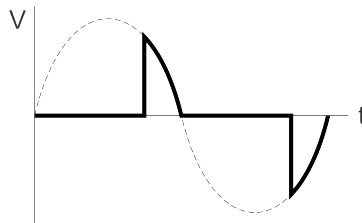
Werkelijk vermogen = Schijnbaar vermogen x Arbeidsfactor

$$P = U \times I \times \cos\phi$$

Gemiddeld heeft een huis AC-circuit een gemiddelde vermogensfactor van 0,8. Dus voor algemene berekeningen is het OK om 0,8 te gebruiken als de vermogensfactor.

Niet-Lineaire belastingen:

Dan is er nog één extra type belasting, de niet-lineaire belasting. Om het eenvoudig te stellen, dit zijn belastingen die de hele sinuslijn niet gelijkmatig belasten, of ze kunnen alleen maar een deel van de sinuslijn gebruiken. De door de niet-lineaire belasting getrokken stroom heeft geen sinuslijnsvorm hoewel de belasting aangesloten is op een sinuslijnspanning.



Voorbeeld van een niet-lineaire belasting. Slechts een deel van de spanning wordt overgedragen op de belasting.

Dit zijn vaak belastingen die halfgeleiders bevatten, zoals dioden, thyristors of LEDs. Voorbeelden hiervan zijn AC LED verlichting, lichtdimmers, warmtekanonnen, bepaalde gelijkrichters en sommige zachte start-apparaten.

Als een omvormer een niet-lineaire belasting voedt, dan kan de omvormer sneller dan verwacht overbelast worden, gebaseerd op het vermogen van de belasting en de omvormer.

6.4. AC-bekabeling

In een huis- of fabrieksinstallatie wordt de inkomende elektriciteit verdeeld in groepen, gewoonlijk op een verdeelbord. De kernoppervlakte van de elektrische bedrading voor elk AC-circuit (groep) moet aangepast worden op de grootte van de verwachte maximale stroom in dat circuit. Dit om de aangesloten belastingen en de elektrische bedrading te beschermen.

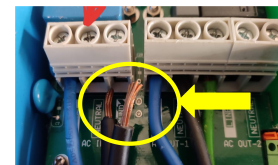
Spanningsverlies en verhitting van kabels kan ook voorvallen in AC-circuits. Spanningsverliezen kunnen het aangesloten apparaat beschadigen en verhitting van de kabels veroorzaken, en in extreme gevallen kan het leiden tot brand.

Het is ook essentieel om goede kabelansluitingen te maken. Slechte kabelverbindingen kunnen ook leiden tot spanningsverlies en verhitting. Gebruik de richtlijnen zoals reeds eerder beschreven.

Gebruik geen vastekern AC-draden:

Vermijd de omvormer/acculader in contact te brengen met draden met harde vaste kernen (zoals getoond in de afbeelding aan de rechterkant).

Draden met vaste kernen zijn niet geschikt voor de omvormer/acculader AC-connectoren, leidend tot slecht contact en het risico op ont koppeling. Gebruik in plaats hiervan draden met fijne en flexibele kernen.



Vaste kern AC-draden die losgekomen zijn.

Bedrading dimensioneren:

De [Victron Energy Toolkit-app](#) heeft ook een voorziening voor het berekenen van AC bedrading voor 120, 240 en 400 V AC systemen. Bij het gebruik van de app is het doel een kernoppervlakte zo te kiezen dat het spanningsverlies onder 2,5 % blijft.

Voor bedradingsberekeningen kunt u dezelfde berekeningen gebruiken als voor DC-bedrading, zoals al is uitgelegd. Maar wees ervan bewust dat de eerder vermelde vuistregel niet gebruikt kan worden. Gebruik, voor bedrading voor spanningen van 200 tot 400 V AC, deze vuistregel:

- Het vereiste kernoppervlak in mm² is afgeleid door de nominaalstroom te delen door 8.
- Voeg 1 mm² toe voor elke 5 meter kabellengte.



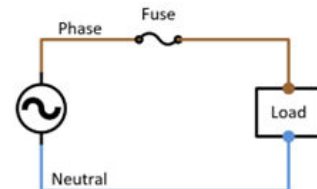
Wees ervan bewust dat de "vuistregel" uw lokale AC-bedradingsnormen wellicht niet naleeft. Het is alleen bedoeld als richtlijn.

6.5. AC-zekeringen en stroomonderbrekers

Zekeringen zijn over het algemeen te vinden op het verdeelbord. Elk AC-circuit (groep) wordt apart van een zekering voorzien. De zekering wordt aangepast aan de grootte van de verwachte belasting en de kabeldikte.

De zekering beschermt tegen:

- Te hoge belasting - als er meer stroom in het systeem loopt dan normaal verwacht kan worden.
- Kortsluiting - als de fasegeleider toevallig in contact komt met nul of aarding.



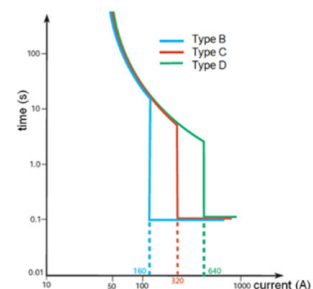
Traditioneel bevat een zekering een draad die smelt zodra er een onaanvaardbare hoeveelheid stroom doorheen loopt. Zodra de draad in de zekering gesmolten is, wordt de stroomkring onderbroken en loopt er geen extra stroom.

Meer gebruikelijk worden automatische stroomonderbrekers gebruikt om te beschermen tegen te hoge stroom. Dit worden zekeringautomaten (MCB) genoemd. Dit apparaat heeft twee manieren voor het activeren van het uitschakelmechanisme. Een thermische activatie voor langetermijn kleine overbelastingstromen en een magnetische activatie voor grote kortdurende stromen zoals kortsluitstromen.

Zekeringautomaten zijn beschikbaar in drie soorten: B, C en D. Ze hebben allemaal dezelfde thermische-eigenschappen. Maar ze hebben verschillende kortsluitstroomniveaus.

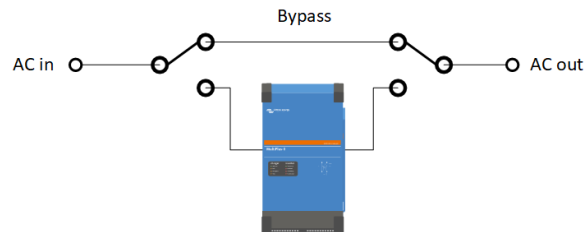
- Type B verbreekt bij 5 In (5 nominale stromen) en wordt gewoonlijk gebruikt als huishoudelijke zekeringautomaat.
- Type C verbreekt bij 10 In en wordt gebruikt voor transformatoren en TL lampen.
- Type D verbreekt bij 20 In en wordt gebruikt voor grote motoren, transformatoren en kwiklampen.

Als er kortsluitingstroom optreedt, met voldoende stroom, wordt de zekeringautomaat (B, C of D) binnen 100 ms uitgeschakeld.



6.6. AC overbruggingsschakelaar

Het wordt aanbevolen een handmatige overbruggingsschakelaar toe te voegen aan een omvormer/acculadersysteem. Dit is vooral handig in bedrijfskritische systemen. Dit maakt een overbrugging mogelijk van de omvormer/acculader en sluit de AC-ingang (net of aggregaat) rechtstreeks aan op de belastingen. Het is van onschatbare waarde als de omvormer/acculader een instellingswijziging nodig heeft of mocht er iets fout gaan met de omvormer/acculader en rechtstreeks de AC-ingang (net of aggregaat), aansluiten als het verwijderd moet worden voor onderhoud.

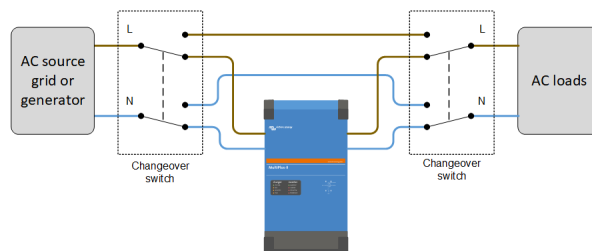


De functionaliteit van een overbruggingsschakelaar.

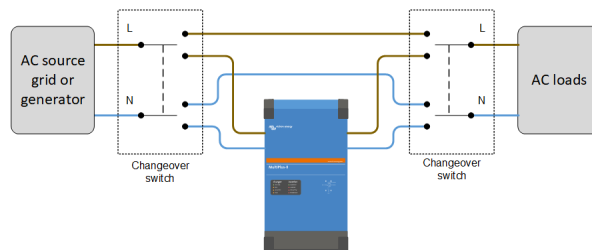
Om de overbrugging te maken moeten de AC-paden naar en van de omvormer/acculader onderbroken worden en een apart overbruggingscircuit moet gemaakt worden. De overbrugging moet berekend worden op de volledige AC-belasting van het systeem.

De handmatige overbrugging kan gemaakt worden met twee omschakelaars. Een voorbeeld van een geschikte omschakelaar is de Hager SF263 2 polige omschakelaar met een centrum-uit positie.

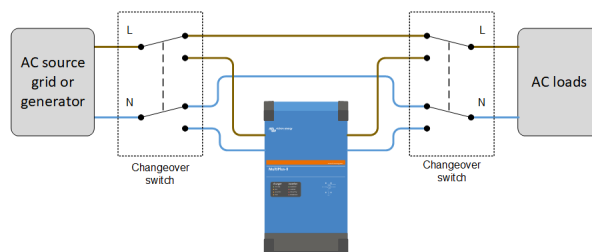
De onderstaande schema's tonen hoe de omschakelaars aangesloten worden in het systeem en de 3 schakelmogelijkheden.



De omvormer/acculader is aangesloten en de overbrugging is ontkoppeld.



De omvormer/acculader en de overbrugging zijn beiden ontkoppeld.



De omvormer/acculader is ontkoppeld en de overbrugging is aangesloten.

Als een omvormer/lader met laag vermogen wordt gebruikt, zoals de MultiPlus Compact of de Multiplus 500 tot 2000VA, kan de omvormer/lader eenvoudig handmatig worden overbrugd. Trek gewoon de zwarte AC in en AC uit stekkers uit de omvormer/lader en steek deze stekkers in elkaar.

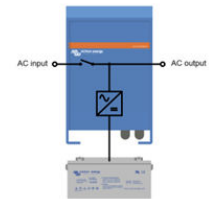


MultiPlus Compact AC stekkers

6.7. Speciale overwegingen AC-bedrading bij parallel geschakelde omvormer/acculader-systemen

Meerdere omvormer/acculaders kunnen parallel geschakeld aangesloten worden om een grotere omvormer/acculader te maken. Bij het aansluiten van een parallel geschakeld systeem op een AC-voeding is het van belang welke lengte en dikte de AC-draden hebben. In tegenstelling tot DC-bekabeling is het voor AC-bekabeling belangrijk de kabels niet te kort of te dik te maken. Overdimensioneer de AC-bekabeling niet. Gebruik van extra dikke bekabeling heeft negatieve bijwerkingen.

In een parallel geschakeld systeem moet elke omvormer/acculader identiek zijn. Dit is echter niet steeds het geval. Elke omvormer/acculader bevat een interne AC-ingang aansluiting. Deze aansluitingen zijn niet steeds volledig identiek, ze kunnen een klein verschil hebben in hun interne weerstand, in vergelijking met andere aansluitingen. Dit kleine verschil in weerstand kan resulteren in de AC-stroom die afgeleid wordt van een eenheid naar een andere.



Voorbeeld van de interne bedrading van een omvormer/acculader.

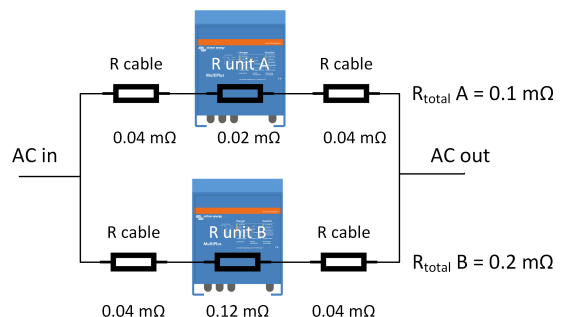
In een parallel geschakeld systeem moet de AC-stroom gelijk verdeeld worden door alle parallel geschakelde omvormer/acculader eenheden. Als de weerstand in de bekabeling zeer laag is, dan resulteert het kleine verschil in aansluitweerstand in een groot relatief verschil. En dit veroorzaakt ongelijke stroomverdeling.

Een overdreven voorbeeld:

Eenheid A en eenheid B zijn parallel geschakeld verbonden. Uiterst dikke en korte bekabeling wordt gebruikt zodat een zeer lage bedradingsweerstand gerealiseerd is. Maar de twee eenheden hebben een lichte interne (AC-aansluiting) weerstand. Zie de afbeelding aan de rechterkant.

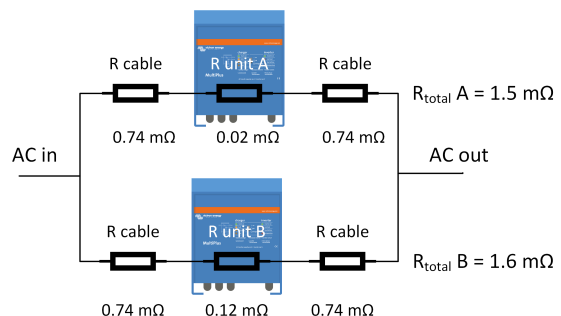
In dit scenario bedraagt de totale weerstand voor eenheid A 0,1 mΩ en de totale weerstand voor eenheid B is 0,2 mΩ.

Dit resulteert in eenheid A die tweemaal zoveel stroom neemt als eenheid B.



Nu gebruiken we dezelfde 2 eenheden parallel geschakeld, maar we gebruiken dunnere en langere kabels. Zie de afbeelding aan de rechterkant. De totale weerstand voor eenheid A is 1,5 Ω en de totale weerstand voor eenheid B is 1,6 Ω. Dit resulteert in veel betere verdeling van de stromen.

Eenheid A neemt maar 1,066 maal meer stroom dan eenheid B.



voorkomen ongelijke verdeling van AC-stromen:

Om te beschermen tegen dit probleem wordt het aanbevolen lange AC-kabels, van gelijke lengte, te gebruiken. Volg steeds nauwgezet de aanbevolen kabellengtes en -diktes, zoals vermeld in de producthandleiding. Verhoog de doorsnede van de AC-bekabeling niet meer dan aanbevolen wordt in de handleiding!

Bijvoorbeeld:

De tolerantie van de spanningsval van een 100 A terugvoerschakelaar is ongeveer 20 mV bij 100 A. De totale kabelweerstand (ingang + uitgang) moet daarom groter zijn dan $R = 60 \text{ mV}/100 \text{ A} = 6 \text{ m}\Omega$.

Controle op gelijke verdeling van AC-stromen:

De beste manier om te controleren of dit type van bedradingsprobleem een parallel geschakeld systeem beïnvloedt is de volgende:

- Belast het systeem volledig.
- Meet (stroomtang) de AC-stroom voor elke individuele stroom.
- Vergelijk de stromen.

De stroomuitlezingen moeten zeer gelijkwaardig zijn. Als er grote verschillen zijn, dan is er een probleem met bedrading (of met een aansluiting).

AC van zekering voorzien parallel geschakelde strings:

Elke eenheid moet individueel van een zekering voorzien zijn. Zorg ervoor hetzelfde type zekering bij elke eenheid te gebruiken vanwege dezelfde weerstand. Overweeg het gebruik van mechanisch aangesloten zekeringen

Meer informatie:

Lees, voor meer informatie over parallel geschakelde en 3-fasen systemen, de parallel geschakelde en 3-fasen handleiding, raadpleeg https://www.victronenergy.com/live/ve.bus:manual_parallel_and_three_phase_systems

6.8. Faserotatie 3-fasen omvormer/acculader-systemen

Faserotatie:

De 3 fasen L1, L2 en L3 van een 3-fasen voeding moeten in numerologische volgorde aangesloten worden. Besteed bijzondere aandacht aan de faserotatie van de AC-voeding van het net of van een aggregaat. Als in de verkeerde rotatie aangesloten is dan accepteert het systeem de netspanninginvoer niet en werkt alleen in omvormermodus. Verwissel in dat geval twee fasen om het te corrigeren. Een snelle manier om faserotatie te herstellen is door 2 willekeurige fasen om te wisselen en te kijken of het omvormersysteem nu AC in aanvaardt.

Als het systeem mobiel is, dan is het waarschijnlijk dat op een bepaald ogenblik er een aggregaat of netaansluiting is met verkeerd aangesloten faserotatie en het omvormer/acculader-systeem accepteert de voeding niet en blijft in omvormermodus, waardoor de accu's leeg raken. Monteren van een eenvoudige omschakelaar die twee van de fasen kan omwisselen is een leuke oplossing die dadelijk het faserotatieprobleem herstelt, zonder dat het evenement vertraging oploopt. Buiten handmatig omschakelen zijn er ook automatische apparaten beschikbaar om dit te doen.

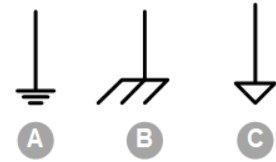
Lees, voor meer informatie over parallel geschakelde en 3-fasen systemen, de parallel geschakelde en 3-fasen handleiding, raadpleeg https://www.victronenergy.com/live/ve.bus:manual_parallel_and_three_phase_systems

7. Aarding, aarde en elektrische veiligheid

Aarding vormt een gemeenschappelijk retourpad voor elektrische stroom in een stroomkring. Het wordt gemaakt door het nul punt van een installatie te verbinden op de algemene massa van de aarding of een chassis. Aarding is nodig voor elektrische veiligheid en het maakt ook een referentiepunt in een circuit waaraan spanningen worden gemeten.

Over het algemeen zijn er 3 soorten aarding, namelijk:

- A. Aarde
- B. Chassis aarding
- C. Aarding



- **Aarding** is een rechtstreekse fysieke verbinding met de aarde. Dit wordt gewoonlijk uitgevoerd door een koperen stang (aardpen) in de grond te duwen. Maar afhankelijk van leeftijd en plaats van het systeem kan dit ook een koperen plaat of koperen strook, begraven in de grond, zijn of het waternetwerk of waterbuizen in een huis.
- **Chassis aarding** is een aansluiting op een metalen chassis zoals dat van een voertuig of de metalen romp van een boot. Het kan ook de metalen behuizing van elektrische apparatuur zijn.
- **Aarding** is een algemeen referentiepunt in een circuit waarop spanningen gemeten worden. Als resultaat kan spanning boven het aardpotentiaal (positief) of onder het aardpotentiaal (negatief) zijn.

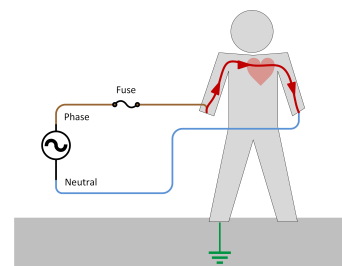
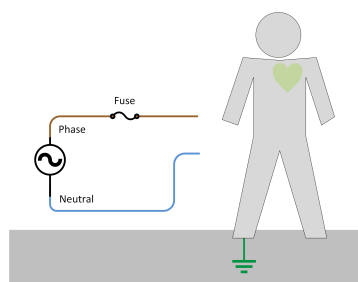


7.1. Elektrische veiligheid

Elektriciteit is gevaarlijk, het kan een persoon doden, verwonden of verbranden. Het is de stroom dat het gevaarlijkste deel van elektriciteit is. Een kleine hoeveelheid stroom die door een persoon gaat kan al zeer gevaarlijk zijn. Zie de onderstaande tabel.

Elektrische stroom (1-seconde contact)	Fysiologische effecten
1 mA	Drempel van het voelen van een tintelende sensatie.
5 mA	Aanvaard als maximale ongevaarlijke stroom.
10 - 20 mA	Begin van aanhoudende spiercontractie ("kan niet loslaten"-stroom).
100 - 30 mA	Ventrikelfibrillatie, dit is fataal als het aanhoudt. De ademhalingsfunctie gaat door.
6 A	Aanhoudende ventrikelfibrillatie gevolgd door een normaal hartritme (defibrillatie). Tijdelijke ademhalingsverlamming en mogelijk brandwonden.

Stroom loopt zodra een stroomkring gesloten wordt. Stelt u zich bijvoorbeeld twee losse wisselstroomdraden voor, een fase en een nul draad. Als de draden daar maar gewoon hangen, dan loopt er geen stroom omdat het stroomkring niet gesloten is. Maar zodra u met de ene hand de fase aanraakt en met de andere hand de nul draad, hebt u de stroomkring gesloten en stroomt de elektriciteit van de fase, via uw lichaam en via uw hart, terug naar de nul draad. De stroom zal blijven lopen tot de zekering doorbrandt, maar tegen die tijd bent u waarschijnlijk al dood.



Blootliggende elektrische bedrading.

De stroomkring is niet gesloten en de stroom kan niet lopen.

Het stroomkring is gesloten en er zal een stroom lopen.

Naast het tegelijkertijd aanraken van een nul en een fase draad, is er nog een andere manier waarop een onveilige situatie kan ontstaan en dat is als de stroom via de aarde stroomt. Dit komt vaker voor dan dat iemand tegelijkertijd een fase- en een nulgeleider aanraakt. De nul aansluiting is op een bepaald punt aangesloten op aarde. Dit kan in de huisinstallatie, in het distributienetwerk of bij de aggregaat (het sterpunt) zijn.

Als er een storing optreedt in elektrische apparatuur, kunnen de metalen onderdelen aan de buitenkant van die apparatuur onder spanning komen te staan. Dit kan komen doordat er een interne kortsluiting is tussen interne delen onder spanning en de metalen behuizing van de apparatuur. Denk bijvoorbeeld aan een defecte wasmachine. Een storing kan veroorzaakt zijn door een elektrische fout, mechanische schade of beschadigde elektrische draden die de metalen behuizing van de elektrische apparatuur raken.

Op het moment dat u de defecte wasmachine aanraakt, stroomt er elektriciteit van fase naar de metalen behuizing, via u, naar aarde. Vanaf de aarde stroomt de elektriciteit dan naar de nul van het elektriciteitsnet. De stroomkring is compleet. Elektriciteit blijft lopen tot de zekering in het elektriciteitsnet gesprongen is. Maar zoals in de vorige situatie bent u wellicht al dood.

Om elektrische installaties veiliger te maken is de aardgeleider geïntroduceerd. De aardedraad verbindt de metalen behuizing met de aarde.

Als u nu de defecte apparatuur aanraakt, stroomt de elektriciteit naar de aardedraad in plaats van naar u. De reden hiervoor is dat elektriciteit de weg van de minste weerstand neemt. Het pad via u en de aarde biedt meer weerstand dan via de aardedraad. Maar wees u ervan bewust dat er nog steeds een zeer kleine hoeveelheid stroom via een persoon kan lopen. Een stroom die groter is dan 30 mA kan al gevaarlijk zijn.

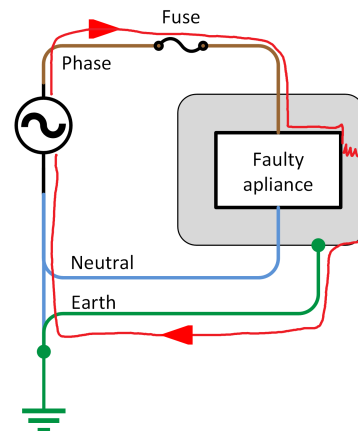
Houd er rekening mee dat alleen een aardedraad niet voldoende is. Een aardlekbeveiliging is ook nodig in een installatie. Raadpleeg hoofdstuk [Aardlekschakelaar of aardlekautomaat \[60\]](#) voor meer informatie.

7.2. Aardebedrading

Goede aardebedrading is essentieel voor elektrische veiligheid. De draad en aardingaansluitingen moeten een lage elektrische weerstand hebben. Denk er aan dat elektriciteit de weg van de minste weerstand neemt. U moet er dus voor zorgen dat de aardingskabel dik genoeg is en alle aansluitingen goed vast zitten.

Door de aardingsdraad kunnen potentieel grote stromen vloeien als er een storing in de apparatuur is. De aardingsdraad moet deze stroom kunnen voeren tot de systeemzekering doorbrandt. Dus is het belangrijk dat de aardingsdraad dik genoeg is.

Aarding of aardingsdraden zijn geel/groen. In oudere installaties of in andere landen ziet u wellicht ook een groene draad.



OPGELET: Volg altijd de plaatselijke installatievoorschriften voor de juiste dimensionering van de aardedraad.

7.3. Aardlekschakelaar of aardlekautomaat

Elektriciteit kan zeer gevaarlijk zijn. Het toevoegen van een aardingsgeleider aan een systeem verbetert de veiligheid, maar een installatie kan nog veiliger worden gemaakt door een aardlekbeveiliging in te bouwen.

Het gebruik van een aardlekbeveiliging is verplicht in alle AC-installaties.

Aardlekbeveiliging-functie:

De aardlekbeveiliging detecteert en verbreekt zodra het detecteert dat elektriciteit naar de aarde loopt. Elektriciteit loopt naar de aarde als er een storing in het systeem is, of belangrijker als stroom door een persoon loopt. aardlekbeveiligingen worden ontworpen om te ontkoppelen zodra een stroom naar de aarde gedetecteerd wordt.

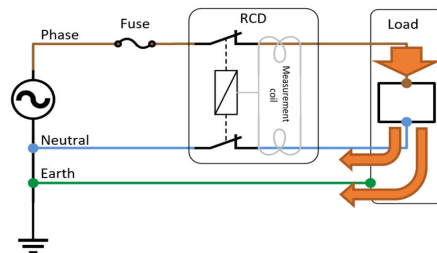
Een aardlekbeveiliging (RCD) kan bekend zijn onder verschillende namen:

- Reststroom stroomonderbreker (RCCB).
- Aardlekautomaat (aardlekbeveiliging).
- Aardlekschakelaar (GFI).
- Toestel lekstroomonderbreker (ALCI).
- Veiligheidsschakelaar.
- Aardlekapparaat.

Aardlekbeveiliging werking:

Een aardlekbeveiliging meet de stroombalans tussen de fase en de nulgeleider. Het apparaat verbreekt het contact als het een verschil in stroom tussen fase en nul detecteert.

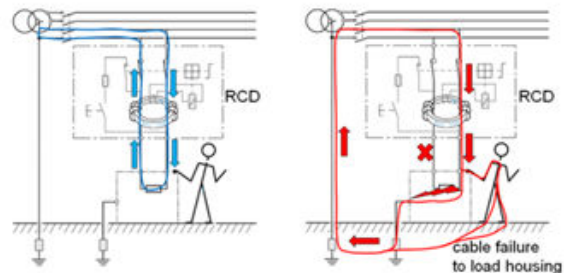
In een veilig systeem moeten de aanvoer- en retourstromen bij elkaar opgeteld nul vormen. Als dit niet het geval is, is er een defect in het systeem, stroom lekt naar aarde of naar een ander circuit.



Aardlekbeveiligingen zijn ontworpen om elektrocutie te voorkomen door deze lekstroom te detecteren, die veel kleiner kan zijn (meestal 5 - 30 mA) dan de stromen die nodig zijn om conventionele stroomonderbrekers of zekeringen te activeren (meerdere ampères). Aardlekbeveiligingen moeten binnen 25 - 40 milliseconden verbreken. Deze tijd is sneller dan de tijd die de elektrische schok nodig heeft om het hart in ventrikelfibrillatie te brengen, de meest voorkomende doodsoorzaak door elektrische schokken.

Een veilig systeem is een systeem dat beschermt tegen kortsluiting, te hoge belasting én aardlekstromen.

Aardlekdetectie kan alleen plaatsvinden in systemen waarbij de nulgeleider is aangesloten op de aardgeleider; zoals in een TN- of TT-systeem. Aardlekdetectie is niet mogelijk in een IT-netwerk.



Waar moet een aardlekbeveiliging geplaatst worden

Een aardlekbeveiliging moet vóór de belastingen in een elektrische installatie gemonteerd worden. In de praktijk betekent dit dat de aardlekbeveiligingen gemonteerd moeten worden voordat de installatie verdeeld wordt in verschillende groepen. Als een omvormer of omvormer/acculader gebruikt wordt, moet de aardlekbeveiliging hierachter komen, anders is er geen aardingsbescherming terwijl de omvormer operationeel is. Verbruikers die alleen werken als ze zijn aangesloten op de walstroom, hebben hun eigen aardlekbeveiliging nodig.

Overlast van aardlekbeveiligingen

In sommige installaties schakelen aardlekbeveiligingen vroegtijdig uit. Dit kan door het volgende veroorzaakt worden:

- Het systeem heeft een dubbele MEN-verbinding (nul naar aarde), waardoor de aardlekbeveiliging uitschakelt vanwege een potentiaalverschil in aarde.
- Het systeem bevat apparatuur die een kleine 'onder de drempel' liggende hoeveelheid nul aardlek introduceert en het cumulatieve effect daarvan kan onvoorspelbare hinderlijke uitschakelingen van aardlekbeveiligingen veroorzaken. Enkele veelvoorkomende lastige apparaten die u eerst moet controleren en loskoppelen bij het oplossen van problemen zijn: overspanningsbeveiligde powerboards, oude koelkastcompressoren en elektrische warmwatertoestellen (vanwege hun eigen aardverschil met de hoofdaarding).

7.4. Nul naar aardeverbinding in omvormers en in omvormer/acculaders

Een AC-stroombron moet een nulgeleiderverbinding (MEN-link) hebben zodat een aardlekbeveiliging kan werken. Dit is het geval voor het net maar ook als de AC-bron een aggregaat of een omvormer is.

- Als de AC-stroombron het elektriciteitsnet is, is de MEN-koppeling vast aangesloten in het schakelbord waar het elektriciteitsnet de installatie binnenkomt.
- Als de AC-stroombron een aggregaat is, is de MEN-koppeling vast aangesloten op de wisselstroomaansluitklemmen van het aggregaat.
- Als de AC-stroombron een omvormer is, is de MEN-koppeling vast aangesloten op de wisselstroomaansluiting van de omvormer of in het schakelbord van de installatie.

Maar als er gecombineerde omvormer/acculader-eenheden worden gebruikt, is de MEN-koppeling minder eenvoudig. De omvormer/acculader-eenheid heeft twee verschillende werkingsmodi:

- In omvormermodus werkt het als een autonome omvormer en is de omvormerde hoofdvoeding in het systeem.
- In laadmodus wordt omvormer/acculader gevoed door het net of het aggregaat in het systeem.

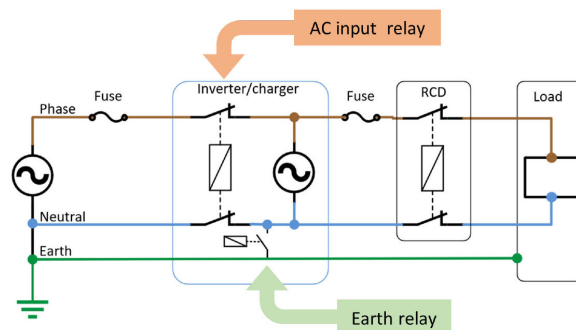
Als de omvormer/acculader aan het omvormen is en werkt als een stroombron, moet het een onafhankelijke MEN-link maken. Maar als de voeding via een aggregaat of het elektriciteitsnet loopt, moet de inkomende voeding de MEN-link hebben in plaats van de omvormer/acculader.

Victron omvormer/acculaders bevatten een intern aardingsrelais. Dit relais maakt of verbreekt automatisch de aansluiting tussen aarding en nul. Als dit niet gewenst is, kan dit relais uitgeschakeld worden in de omvormer/acculader instellingen. Let op dat als het relais is uitgeschakeld, u zelf een nul-aardeverbinding in het systeem moet aanbrengen.

Ook is het in sommige installaties misschien niet toegestaan om de nulgeleider te verbreken. Kies in dat geval, mits een omvormer/lader-II wordt gebruikt, een netcode-instelling van een type dat aangeeft dat het AC-nulpad extern wordt verbonden.

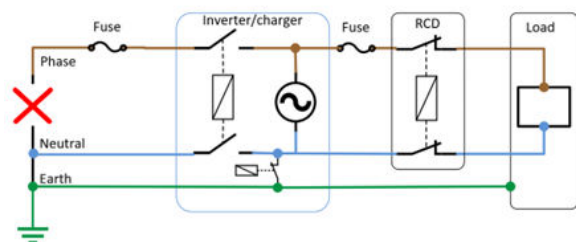
De omvormer/acculader is in ladermodus en/of doorvoermodus:

Als de omvormer is aangesloten op AC-vermogen, is het AC-ingangsrelais gesloten en is tegelijkertijd het aardrelais geopend. Het AC-uitgangssysteem vertrouwt op de AC-voeding om de nul-naar-aardeverbinding te leveren. Deze link is nodig zodat de aardlekbeveiliging in AC-uitgang zal werken. Aardingsrelais AC-ingang relais



De omvormer/acculader is in omvormermodus:

Als de AC-voeding afgekoppeld is, uitgeschakeld werd, of een storing heeft, dan opent de AC-ingangsrelais. Als het AC-ingangsrelais open is, dan heeft de installatie geen nulgeleiderverbinding meer. Daarom wordt tegelijkertijd het aardrelais gesloten. Zodra het aardrelais sluit, heeft de omvormer/lader een interne nulgeleiderverbinding gemaakt. Deze link is nodig zodat de aardlekbeveiliging in AC-uitgang zal werken.



7.5. Mobiele installaties

Een mobiele installatie is een installatie die onafhankelijk van het net werkt. Als het aansluit op AC-vermogen dan sluit het gewoonlijk aan op verschillende plaatsen en/of aggregaten. Bijvoorbeeld boten, voertuigen of mobiele noodstroomsystemen. In dit hoofdstuk wordt een bootinstallatie gebruikt. Deze informatie kan echter gebruikt worden voor elke mobiele installatie.

Een mobiel systeem heeft geen aardpen. Dus iets anders is nodig om een centraal aardingspotentiaal te maken. Alle aanraakbare metalen onderdelen van de boot of auto moeten met elkaar verbonden worden om een lokale aarding te maken. Voorbeelden van metalen onderdelen in een boot of voertuig zijn: chassis, romp, metalen vloeistofleidingen, reling, motor, aardcontacten van stopcontacten, bliksemafleiders en de aardplaat (indien aanwezig).

Een mobiel systeem wordt meestal aangesloten op verschillende voedingsbronnen. In deze situaties is het soms niet duidelijk welke van de draden in de walaansluiting is aangesloten op de aarde en of de aarde überhaupt is aangesloten. Het is ook mogelijk dat fase en nul niet juist zijn aangesloten. Het aansluiten van een dergelijke voeding op een mobiel systeem kan mogelijk kortsluiting naar aarde veroorzaken. Of de aarde ontbreekt helemaal.

Het maakt ook uit of het mobiele systeem verbinding maakt met de voeding of dat het losgekoppeld is van de voeding en autonoom werkt.

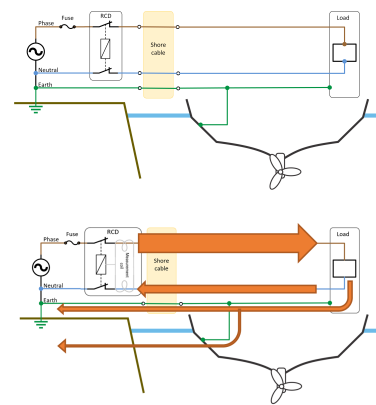
Bepaalde voorbeelden van verschillende situaties waarin een mobiel systeem kan zijn:

Een boot wordt aangesloten op walstroom

Als een boot is afgemeerd en aangesloten op de walstroom, dan is de installatie vergelijkbaar met die van een woonhuis. Er is maar één verschil; de boot heeft geen eigen aardaansluiting, zoals de aardingspen die u in een huis vindt.

De bootinstallatie vertrouwt op de aarde van de walaansluiting. Helaas is deze aarde niet altijd betrouwbaar omdat de kabels in de haven vaak lang zijn en mogelijk een onvoldoende dikke kernoppervlakte hebben. Om een veilige situatie te maken, moeten de metalen onderdelen van de boot, zoals de romp, worden verbonden met de inkomende aarde van de walstroomkabel. De aarding van de walstroom is verbonden met de nulleider.

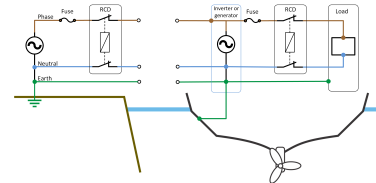
Als er een aardlek optreedt, loopt er stroom door de aardgeleider in de voedingskabel, maar ook via de romp door het water en terug naar de aarding van de wal. Beide aardlekschakelingen hebben hetzelfde potentiaal en zijn als het ware parallel geschakeld. Maar er gaat meer stroom door de aardgeleider in de walkabel. De weg door de romp en het water heeft een grotere weerstand. De aardlekbeveiliging vindt nog steeds een aardlek omdat het de fasestroom ten opzichte van de stroom via de nulleider zal vergelijken.



Een boot is losgekoppeld van de walstroom

Zodra de boot wordt losgekoppeld van de walstroom, verandert de hele installatie omdat de installatie nu geen deel meer uitmaakt van het elektriciteitsnet en de verbinding met nul en aarde verloren gaat.

De installatie is nu de hoofdvoeding en vormt samen met de belasting zijn eigen autonome stroomkring. Er loopt geen stroom in de romp en in het water.



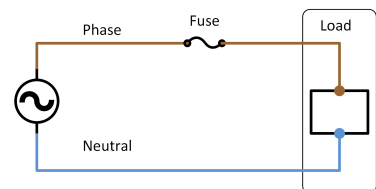
Zwevend netwerk in boot of voertuig (IT Network)

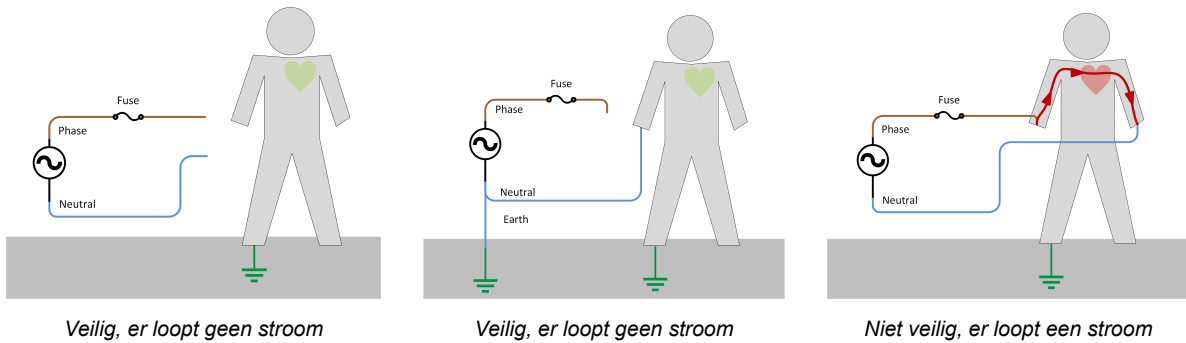
In een mobiel systeem waar een omvormer (of aggregaat) de enige stroombron is, kan er specifiek voor worden gekozen om geen TT-netwerk te gebruiken, maar een IT-netwerk. In een IT-netwerk zijn de fase en nul niet gekoppeld aan een ander potentiaal zoals aarde. De spanningen die worden gemaakt door de onafhankelijke stroombron zijn zwevend. Een dergelijk systeem is zeer veilig en eenvoudig te installeren.

Als een geleider of behuizing in dit systeem wordt aangeraakt door een persoon, kan er geen stroom naar aarde lopen. Onthoud dat er een volledige stroomkring nodig is om stroom te laten lopen. In dit systeem ontbreekt de aardgeleider en is de stroomkring naar aarde niet volledig. Dit is een vergelijkbare situatie als de veiligheidstransformator in een badkamer.

Omvormers en aggregaten zijn in principe niets meer dan de bron van twee potentiaalverschillen met een verschil van 230 Volt (of 120 V). Aanraken zal niet leiden tot een stroom omdat het pad onvolledig is. Het is hetzelfde als een vogel die op een elektriciteitsdraad zit.

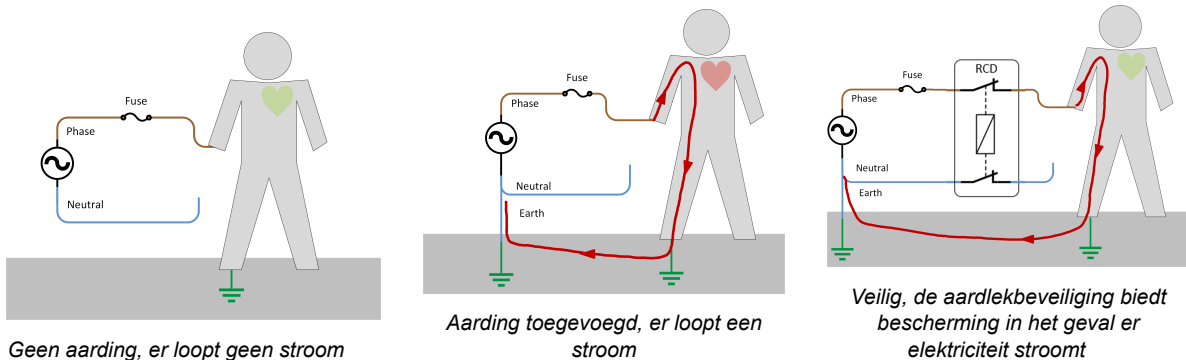
Houd er rekening mee dat het altijd gevaarlijk is om zowel de fase- als de nul draad tegelijkertijd aan te raken, omdat het pad dan compleet is.





Mobiel netwerk met verbinding van aarde en nulleider naar aarde (TT-netwerk)

Als het mobiele systeem op het elektriciteitsnet wordt aangesloten via een omschakelaar of via een omvormer/lader, wordt aarde en een nulgeleiderverbinding in het systeem geïntroduceerd. Het wordt een TT-netwerk. Dit is ook het geval als de lokale regelgeving vereist dat aarde en nul met aarde verbonden zijn en een aardlekbeveiliging is vastangesloten in een mobiel systeem dat een omvormer of aggregaat bevat. Op het moment dat dit gebeurt, wordt het systeem gevaarlijker, dus zodra aarde en een nul-aardeverbinding aan een systeem zijn toegevoegd, moet een aardlekbeveiliging worden geïnstalleerd. om te voldoen aan de eisen van het TT- of TN-netwerk waarop het mobiele netwerk nu is aangesloten.



Van IT-netwerk naar TT-netwerk

Met een mobiel systeem is het mogelijk om een netwerk te maken dat een TT-netwerk is als het is aangesloten op het elektriciteitsnet en tegelijkertijd een zwevend IT-netwerk wordt als het elektriciteitsnet is losgekoppeld en een aggregaat of omvormer in gebruik is. Dit is niet wenselijk en moet worden vermeden.

Als een installatie wordt losgekoppeld van het elektriciteitsnet, dan wordt deze ook losgekoppeld van de aarde van het elektriciteitsnet. Als de mobiele installatie geen aarde en ook geen aarde- en nulverbinding heeft, wordt het een zwevend systeem op het moment dat het elektriciteitsnet wordt losgekoppeld.

Hoewel het systeem misschien een aardlekbeveiliging heeft, kan de aardlekbeveiliging geen aardlekstroom meer detecteren omdat de nulleider niet met aarde is verbonden.

Het heeft geen zin om op de testknop van de aardlekbeveiliging te drukken als de nulgeleider ontbreekt. Als u op de testknop drukt, dan krijgt u de valse indruk dat de aardlekbeveiliging werkt, terwijl de aardlekbeveiliging in werkelijkheid niet zal werken in geval van een aardlek omdat de nul-aardeverbinding ontbreekt. Als de testknop op een aardlekbeveiliging wordt ingedrukt, dan wordt een interne overbrugging geactiveerd die een aardlek simuleert, zodat de aardlekbeveiliging elektrisch en mechanisch getest kan worden. De testtoets absoluut geen test voor de hele installatie. Alleen de aardlekschakelaar zelf wordt getest. Dit leidt tot verwarring en/of gevaarlijke situaties. Daarom wordt aanbevolen om altijd de principes van het TT-netwerk te volgen, ook in situaties waarin de installatie niet op het elektriciteitsnet is aangesloten.

De omschakeling van IT- naar TT-netwerk moet ervoor zorgen dat er een verbinding wordt gemaakt tussen de nulleider en de aarde van het mobiele systeem zodra het elektriciteitsnet wordt losgekoppeld. Dit kan automatisch worden gedaan door een omvormer/acculader met een aardrelais of moet worden aangesloten op een overdrachtsschakelaar. Niet alle omvormers en aggregaten hebben een nulgeleider die is verbonden met de aarde. Dit moet steeds gecontroleerd worden vóór installatie. En als dat nodig is, moet er een aansluiting voor de nulgeleider naar de aarde worden gemaakt.

7.6. Isolatie en aarding van Victron-apparatuur

In dit hoofdstuk wordt de isolatie van diverse Victron producten tussen AC en DC, of tussen DC en DC uitgelegd. Deze informatie is nodig om een systeem met Victron producten juist te aarden.

Isolatie van alle Victron omvormers en omvormer/acculaders:

- Tussen het AC-schakelschema en chassis: basis isolatie. Het chassis moet daarom geaard zijn.
- Tussen AC en DC: verstevigde isolatie. Als het chassis eenmaal geaard is, wordt de DC als veilig beschouwd om aan te raken als de nominale spanning 28V of lager is.
- Tussen het DC-gedeelte en chassis: basis isolatie. Daarvoor is DC negatieve of positieve aarding toegestaan

In het geval van positieve aarding refereren niet-geïsoleerde interfaceaansluitingen naar de DC-negatief en niet naar de aarde. Een dergelijke aansluiting aarden beschadigt het product. De AC-aardklem van alle omvormers en omvormer/acculaders is verbonden met het chassis.

AC nul aarding van Victron omvormers

De nulleider van alle omvormers van 1600 VA en hoger en de Phoenix Inverter Compact 1200 VA is aangesloten op het chassis. Als u het chassis aardt, aardt u dus ook de AC-nul. Een geaarde nulleider is vereist voor de goede werking van een aardlekbeveiliging (of RCCB, RCBO of aardlekbeveiliging).

Als er geen betrouwbare aarding beschikbaar is en/of als er geen aardlekbeveiliging (of RCCB, RCBO of aardlekbeveiliging) is geïnstalleerd, moet de AC nul op het chassisaansluiting worden verwijderd om de veiligheid te verbeteren. Waarschuwing: een dergelijke installatie leeft wellicht de lokale voorschriften niet na.

De AC-nul van omvormers met een lager vermogen is meestal niet aangesloten op het chassis. Er kan echter een nul-aardeverbinding tot stand worden gebracht: raadpleeg de producthandleiding.

AC nul aarding van Victron omvormers/acculaders

De uitgang AC-nul van alle omvormers/acculaders is verbonden met de ingang AC-nul als de terugvoerrelais gesloten zijn (AC beschikbaar op ingang). Als de terugvoerrelais open zijn, verbindt een aardrelais de uitgaand nul met het chassis. Een geaarde nul is vereist voor de juiste werking van een aardlekschakelaar. Het uitschakelen van de aardingsrelais is mogelijk bij de meeste modellen. Raadpleeg de producthandleiding.

Isolatie van MPPT PV-laders

Er is geen isolatie tussen PV-ingang en DC-uitgang. Er is basis isolatie tussen ingang/uitgang en chassis.

Isolatie van andere producten

Acculaders: verstevigde isolatie tussen AC en DC. Basisisolatie tussen AC en chassis, behalve voor de Smart IP65 laders die een versterkte isolatie hebben tussen AC en de plastic behuizing. DC-DC-omzetters, diode- en FET-splitters en andere DC-producten: de behuizing is altijd geïsoleerd van de DC (basisisolatie).

7.7. Systeemaarding

Tot nu toe hebben we het gehad over AC-aarde of aarding in AC-installaties, maar aarding is ook nodig voor de DC-componenten in een installatie. Dit hoofdstuk beschrijft enkele veelvoorkomende installaties die niet alleen een omvormer/acculader bevatten, maar ook een accubank, een PV-lader en een PV-reeks.

Aarding bij zelfvoorzienende systemen

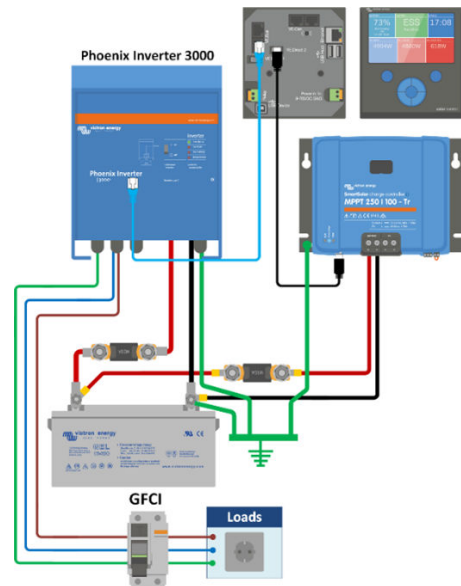
Aard de positieve of negatieve van de PV-reeks niet. De negatieve PV-ingang van de MPPT is niet geïsoleerd van de negatieve uitgang. Aarden van de PV resulteert daarom in aardingsstromen. De PV-frames kunnen echter worden geaard, ofwel dicht bij PV-reeks of (bij voorkeur) aan de centrale aarde. Dit biedt wat bescherming tegen bliksem.

Aarding dicht bij de accu. De accupolen zouden veilig moeten zijn om aan te raken. De accu-aarding moet daarom de meest betrouwbare en zichtbare aardingsverbinding zijn.

De DC-aardingsbekabeling moet voldoende dik zijn om een foutstroom te kunnen doorgeven die minstens gelijk is aan de nominale waarde van de DC-zekering.

Het chassis van de omvormer of Multi/Quattro moet geaard zijn. Er is basis isolatie tussen AC en chassis. Het chassis van de MPPT PV-lader moet geaard zijn. Er is basis isolatie tussen AC en chassis.

Houd er rekening mee dat de AC distributie met zekeringen of zekeringautomaten en de aarding van de PV-reeks en het PV-frame niet worden weergegeven.



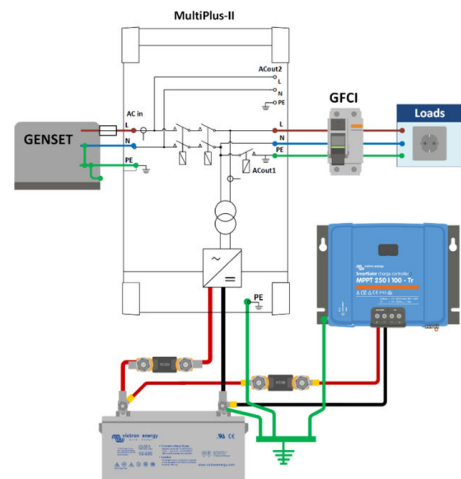
Zelfvoorzienend met aggregaat

Gebruik maar één aarding, dicht bij de accu. De accupolen zouden veilig moeten zijn om aan te raken. De accu-aarding moet daarom de meest betrouwbare en zichtbare aardingsverbinding zijn.

De DC-aardingsbekabeling moet voldoende dik zijn om een foutstroom te kunnen doorgeven die minstens gelijk is aan de nominale waarde van de DC-zekering.

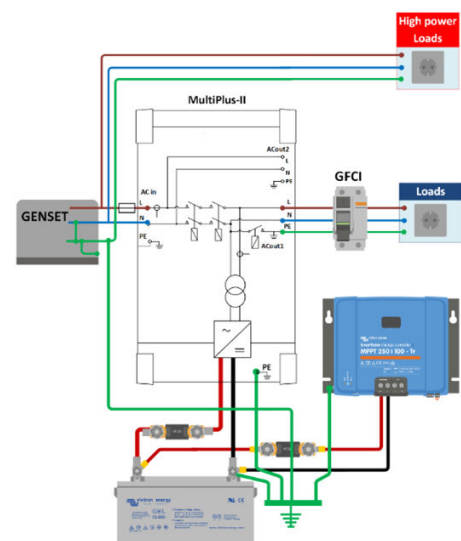
Op dezelfde manier moet AC-aardbekabeling een foutstroom kunnen doorvoeren die ten minste gelijk is aan de nominale waarde van de AC-zekering.

Een aardlekschakelaar is alleen functioneel als het chassis van de Multi/Quattro geaard is.



Zelfvoorzienend met aggregaat met hoog vermogen

Aard aggregaat rechtstreeks op centrale aarding.

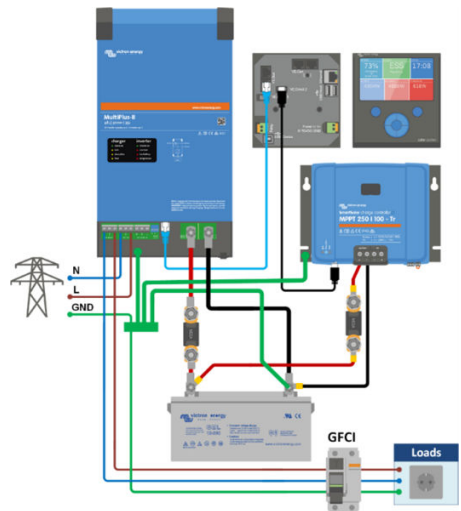


Net-verbonden energieopslagsysteem (ESS)

De DC-aardingsbekabeling moet een foutstroom kunnen doorvoeren die minstens gelijk is aan de waarde van de DC-zekering.

Verbind het chassis van de omvormer/acculader met de aardingsverdeelrail

De AC-uit aarding kan genomen worden uit de centrale verdeelrail of van de AC-uit sluitklem.

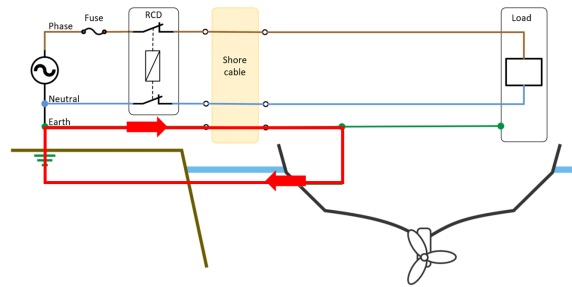


8. Galvanische corrosie

Galvanische corrosie wordt veroorzaakt door een elektrische stroom die een boot binnenkomt via de aardedraad van de walstroom en via het water terugkeert naar de wal. Deze stromingen kunnen corrosie veroorzaken aan de metalen onder water van de boot, zoals de romp, schroef, schroefas, afsluiters, enzovoort. Deze stroom wordt galvanische stroom genoemd.

Galvanische stroom is een DC-stroom. De stroom wordt veroorzaakt door het natuurlijke spanningsverschil tussen metalen. Een galvanische stroom kan alleen bestaan als er een gesloten stroomkring is. Een geleider die deel uitmaakt van een andere stroomkring kan deel uitmaken van het galvanische corrosie circuit. Als een boot met een metalen romp zich dicht bij de kust bevindt, bestaat er een natuurlijk spanningsverschil van 0,1 - 1 V DC tussen de romp en het water.

Dit potentiaalverschil leidt tot niets zolang er geen voltooiing van de stroomkring is. Maar zodra er walstroom op de boot wordt aangesloten, wordt de walaarde automatisch verbonden met de romp van de boot en is stroomkring compleet. Nu wordt het volgende circuit gemaakt: romp - water - wal - aardingspen - aardedraad - romp. Een galvanische stroom loopt door dit circuit. De galvanische stroom loopt gedeeltelijk door het AC-circuit maar is niet gerelateerd aan dat circuit. Stroom blijft lopen tot het potentiaalverschil opgeheven is. De hoogte van de stroom hangt af van de weerstand van de stroomkring. De weerstand wordt bepaald door factoren zoals de lengte van de walstroomkabel en de plaatselijke weerstand van de aardverspreiding.



Chemisch gezien zal het "zwakste" metaal in het galvanische circuit het snelst zijn moleculen afstaan om de stroom op gang te houden. Als de romp van het schip deel uitmaakt van het galvanische circuit en de romp het zwakste metaal bevat, zal de romp na verloop van tijd gaan corroderen. Dit kan uitgroeien tot een vervelende situatie en het kan behoorlijk duur en onveilig worden als er niets aan gedaan wordt. Er zijn gekende gevallen van schepen die gezonken zijn vanwege galvanische corrosie. Aluminium rompen zijn zeer gevoelig voor dit soort corrosie. Galvanische corrosie kan ook optreden tussen de verschillende metalen die aan een boot zijn bevestigd, zoals de schroef, de motor, de romp, afsluiters, enzovoort. Al deze onderdelen zijn verbonden met aarding en daarom lopen er extra kleine stromen tussen deze onderdelen. Dit is de reden waarom er opofferingsanoden worden gemonteerd. Een opofferingsanode is een stuk metaal dat zwakker is dan het metaal eromheen. Daardoor worden ze opgeofferd om de andere metalen te beschermen. Ze kunnen alleen corrosie voorkomen door het uit te stellen. Welk type opofferingsanode u moet gebruiken, hangt af van het soort metaal dat het beschermt en het soort water waarin de boot zich bevindt. Het wordt aanbevolen om deze anodes regelmatig te controleren.

8.1. Galvanische corrosie voorkomen

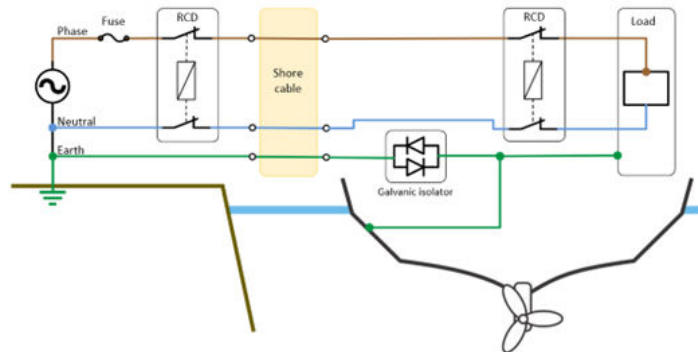
Het antwoord op preventie is heel eenvoudig. Om corrosie te voorkomen moet de stroomkring onderbroken worden. Hoewel dit bijna onmogelijk is met de kleine circuits tussen de verschillende metalen aan de boot, is het wel haalbaar met de walstroomaansluiting.

De eenvoudigste manier om dit circuit te verbreken is door de walaansluiting niet op de romp aan te sluiten. Dit is echter onveilig en wordt niet aanbevolen, omdat de romp hierdoor niet voldoende geaard is en een goede werking van de aardlekbeveiliging niet meer gegarandeerd kan worden, wat tot onveilige situaties aan boord kan leiden. Er zijn veilige manieren om galvanische corrosie te voorkomen zonder de veiligheid in gevaar te brengen. Dit kan worden bereikt door een galvanische isolator of een scheidingstransformator te gebruiken.

8.2. De galvanische isolator

De galvanische isolator voorkomt galvanische corrosie. Het blokkeert de laagspannings DC-stroom die uw boot binnenkomt via de aardedraad van de walstroom. Deze stromingen kunnen corrosie veroorzaken aan de metalen onder water van de boot, zoals de romp, schroef, schroefas, afsluiters, enzovoort.

De galvanische isolator bestaat uit twee diodes die antiparallel geschakeld zijn. De galvanische isolator wordt aangesloten tussen de aarde van de walaansluiting en het centrale aardpunt in de boot.

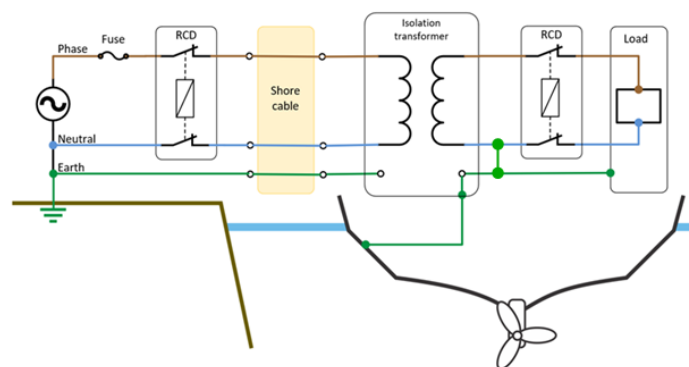


De diodes in deze configuratie geleiden alleen elektriciteit in beide richtingen als een bepaalde drempelspanning wordt bereikt. De drempelspanning bedraagt ongeveer 1,4 V DC. De drempelwaarde is hoger dan het galvanische potentiaalverschil tussen de verschillende metalen. Op deze manier kan geen galvanische stroom lopen. Aan de andere kant zal een hogere aardfoutspanning in het AC-circuit worden doorgelaten, waardoor een aangesloten aardlekbeveiliging volledig kan functioneren.

Het voordeel van de galvanische isolator is zijn lage gewicht en grootte, het nadeel is dat dit apparaat afhankelijk is van een goede aardgeleider. Een andere overweging is dat galvanische corrosie ook kan plaatsvinden via de nulgeleider, dit in gevallen waar de nulgeleider is verbonden met aarde via een van de elektrische apparaten aan boord, zoals een ontstoringfilter of andere apparaten.

8.3. De scheidingstransformator

Een betere oplossing om galvanische corrosie te stoppen is het gebruik van een scheidingstransformator. In een scheidingstransformator wordt de binnenkomende elektriciteit omgezet in elektromagnetisme en vervolgens weer omgezet in elektriciteit.



De ingang en uitgang zijn volledig geïsoleerd en verbreken de stroomkring tussen sterpunt - aardgeleider - romp - water - sterpunt, waardoor een galvanische stroom effectief wordt geblokkeerd. Een ander kenmerk van de scheidingstransformator is dat het elektrisch gezien een elektriciteitsbron is, gevoed door een andere elektriciteitsbron. Aan de uitgangszijde van de transformator wordt een van de uitgaande fasen verbonden met de romp, waardoor een fase, nul en aarde worden gemaakt en een juiste werking van een aardlekbeveiliging wordt gegarandeerd.

Een scheidingstransformator biedt dezelfde veiligheid als een huisinstallatie en meer. De installatie is ook volledig geïsoleerd van elektrische problemen van omliggende boten. Een bijkomend voordeel is dat een scheidingstransformator vaak de inkomende walspanning kan verhogen of verlagen. Dit kan handig zijn als een 230 V AC boot moet worden aangesloten op een 120 V AC voeding, of omgekeerd.

9. Credits

Auteur:

Margreet Leeftink

Met dank aan:

Reinout Vader, de [Victron-gemeenschap](#) en vooral Mike Riley en het wereldwijde web.

Inhoud credits:

Informatie zekeringsnelheid: https://www.swe-check.com.au/pages/learn_fuse_markings.php

Bussmann: http://www.cooperindustries.com/content/public/en/bussmann/transportation/products/circuit_protection/fuses/marine Rated_batteryfuses.html

Gevaren van elektriciteit: https://www.hsa.ie/eng/Topics/Electricity/Dangers_of_Electricity/

Kabelinterferentie en afscherming: <https://www.multicable.com/resources/reference-data/signal-interference-and-cable-shielding/>

Afbeelding strip wet van Ohm: <https://www.clipart.email/download/4165420.html>

Afbeelding formulewiel wet van Ohm: <https://www.esdsite.nl/elektronica/formules/wetvanohm.html>

Afbeelding thermische magnetische stroomonderbreker: <https://electrical-engineering-portal.com/how-circuit-breaker-trip-unit-works>

Afbeelding vertinde koperen verdeelrail: <https://au.rs-online.com/web/p/din-verdeelrail-terminal-accessories/4895420/>

Steekzekeringen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electrical_fuses,_blade_type.svg

RS pro krimpgereedschap: <https://au.rs-online.com/web/>

Afbeelding NMEA 2000-kabel: <https://www.powerandmotoryacht.com/electronics/down-wire>

Wikipedia pagina over bliksem: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lightning>